



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Anteproyecto de mejora del tramo Mogro-Mortera (ADIF- RAM) atendiendo a criterios de resiliencia

Trabajo realizado por:

Fernando Merino Martínez

Dirigido:

Roberto Sañudo Ortega

Luigi Dell'Ollio

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil

Mención:

Construcciones Civiles

Santander, Julio de 2021

TRABAJO FIN DE GRADO

Resumen

Título:	Anteproyecto de mejora del tramo Mogro-Mortera (ADIF-RAM) atendiendo a criterios de resiliencia
Autor:	Fernando Merino Martínez
Director:	Roberto Sañudo Ortega, Luigi Dell'Olio
Convocatoria:	Julio 2021
Palabras clave:	Ferrocarril, resiliencia, análisis multicriterio, Saaty, Proceso Analítico Jerárquico, ancho métrico, vía estrecha, inundación, cambio climático

El objetivo principal de este anteproyecto reside en proporcionar una solución a los problemas de inundación que sufre en la actualidad la línea de ferrocarril de ancho métrico que une las ciudades de Oviedo y Santander, en el norte de España, entre las estaciones de Mogro y Boo de Piélagos. Estos episodios tienen lugar durante las crecidas del río Pas, que se ubica a escasos metros de la traza, especialmente cuando coinciden con la pleamar, ya que el Mar Cantábrico se encuentra también muy próximo. Los datos de caudales extremos y alturas máximas de la superficie del agua necesarios se han obtenido del estudio *“Análisis hidrológico del río Pas en el entorno de la estación de Mogro”*, del autor del Anteproyecto.

Por otro lado, la línea actual también sufre otro tipo de incidencias, más relacionadas con el estado de la infraestructura y el material móvil, por lo que se propone además la renovación de la superestructura en todo el tramo Mogro-Mortera. Por tanto, el tramo en cuestión se divide en dos subtramos: Mogro-Río Pas, donde se realizará un rediseño integral para poner fin a los problemas de inundación, y Río Pas-Mortera, donde se renovará la superestructura ferroviaria.

Para el primer subtramo, se han definido una serie de alternativas de diseño, con diferentes tipologías de trazado, infraestructura y superestructura. Con el fin de poder determinar la mejor solución, se ha realizado un análisis multicriterio, basado en el Proceso Analítico Jerárquico del profesor Thomas L. Saaty. Los tres criterios de decisión empleados han sido: la resiliencia de la infraestructura, su coste económico, y su impacto ambiental. Para valorar cada una de las nueve alternativas en cada uno de los criterios, se ha llevado a cabo una evaluación preliminar de los mismos.

La alternativa más adecuada para el subtramo Mogro-Río Pas según el método empleado discurre por un trazado situado al este del actual, es de tipo viaducto o estructura, y utiliza la vía sobre balasto. Dicha alternativa resultó ser la más conveniente en términos resilientes y ambientales, mientras que obtuvo la cuarta mejor valoración económica. Una vez determinadas sus características, se ha procedido a el subtramo empleando el software Istram. Al igual que la línea existente, todo el nuevo tramo Mogro-Mortera cuenta con vía doble en ancho métrico.

La longitud total del nuevo tramo Mogro-Mortera es de 4.279,925 metros, de los que 3.125,000 metros corresponderían al subtramo Río Pas-Mortera, y 1.154,925 metros corresponderían al Mogro-Río Pas. Dentro de este último, 153,100 m serían en terraplén, 194,925 en desmonte y los 806,900 m restantes pertenecerían al viaducto sobre la llanura inundable del río Pas.

El Presupuesto Base de Licitación obtenido es de 17.096.793,60 €, mientras que el Presupuesto para Conocimiento de la Administración es de 17.631.049,53 €.

Abstract

Title: Preliminary project for the improvement of the Mogro-Mortera section (ADIF-RAM) according to resilience criteria
Author: Fernando Merino Martínez
Director: Roberto Sañudo Ortega, Luigi Dell'Olio
Call: Julio 2021
Key Words: Railway, resilience, multi-criteria analysis, Saaty, Hierarchical Analytical Process, metre-gauge, narrow-gauge, flooding, climate change

The main objective of this preliminary project is to provide a solution to the flooding problems that the railway line that connects the cities of Oviedo and Santander, in northern Spain, suffers between the Mogro and Boo de Piélagos stations. These events take place during the Pas River floods. This river is located just a few meters from the railway line, which makes it easy that its water reaches the tracks, especially when the flow rise coincides with high tide, since the Cantabrian Sea is also very close. The required data of extreme flow and maximum water surface height have been retrieved obtained from the study *“Análisis hidrológico del río Pas en el entorno de la estación de Mogro”*, of the author of this project.

Furthermore, the existing railway line suffers other kinds of incidents, which tend to be more related to the condition of the infrastructure and rolling stock, so the project also proposes to renew the superstructure throughout the Mogro-Mortera section. Therefore, this section is divided into two sub-sections: Mogro-Río Pas, where a comprehensive redesign will be carried out to put an end to the flooding problems, and Río Pas-Mortera, where the track superstructure will be renewed.

For the first sub-section, a number of design alternatives have been established, with different types of railway layout, infrastructure and superstructure. In order to determine the best solution, a multi-criteria analysis has been conducted, based on the Hierarchical Analytical Process (HAP) of Professor Thomas L. Saaty. Three decision criteria have been used, which are the following: the resilience of the infrastructure, its economic cost, and its environmental impact. To assess each of the nine design alternatives in each of the criteria, a preliminary evaluation of them has been made.

The most suitable alternative for the Mogro-Río Pas sub-section, according to the HAP method, uses a layout located east from the current route, a viaduct or structure infrastructure, and a track-on-ballast superstructure. This alternative was considered to be the most convenient in resilient and environmental terms, while it obtained the fourth best economic valuation. Once its characteristics had been determined, the sub-section was designed using Istram software. Just as the existing line, the whole Mogro-Mortera section has a double track in metric-gauge.

The total length of the new Mogro-Mortera section is 4,279.925 meters, of which 3,125.000 m correspond to the Río Pas-Mortera sub-section, and 1,154.925 m belong to the Mogro-Río Pas section. Within the latter, 153.100 m would be on an fill section, 194.925 m would consist on a cut section, and the remaining 806.900 m would correspond to the viaduct over the Pas River floodplain.

The Tender Budget of the project is € 17,096,793.60, while the Budget for the Contracting Administration Knowledge is 17,631,049.53 €.

DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ANTEPROYECTO

Documento nº1: Memoria y Anejos

Documento nº2: Planos

Documento nº3: Presupuesto

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA DESCRIPTIVA

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1. 1. Justificación	3
1. 2. Objetivos	4
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INTERÉS	6
2. 1. Localización de la zona de los trabajos	6
2. 2. Problemática	7
2. 3. Antecedentes	8
2. 4. Climatología	8
2. 5. El río Pas y su cuenca	8
2. 5. 1. Características hidráulicas	9
2. 6. Geología y geotecnia	9
3. ESTUDIO DE SOLUCIONES	10
4. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	11
4. 1. Trazado	11
4. 2. Balasto y plataforma	11
4. 3. Superestructura de vía	12
4. 4. Características básicas	12
5. IMPACTO AMBIENTAL.....	12
6. AFECCIONES AL DOMINIO PÚBLICO	13
7. RESUMEN DE ACTIVIDADES	13
8. PRESUPUESTO.....	13
9. CONCLUSIONES DEL ANTEPROYECTO	14
10.DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ANTEPROYECTO.....	15
11.AUTOR DEL ANTEPROYECTO.....	17

1. INTRODUCCIÓN

La línea de ferrocarril que une Oviedo, en el Principado de Asturias, con Santander, en la comunidad autónoma de Cantabria, es una de las de mayor importancia dentro de la red de vía estrecha gestionada por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ADIF (ADIF-RAM). Destaca especialmente el valor estratégico de la sección de esta perteneciente al núcleo de Cercanías de la comunidad cántabra, que da servicio a importantes núcleos de población -como los municipios de Santander, Torrelavega, o Piélagos- y recintos industriales -como las instalaciones de Solvay en Barreda, que cuentan con su propia conexión tanto a la red de ancho métrico como a la de ancho ibérico- cercanos a la costa central de la región.

En esta dinámica zona se ubica el tramo de interés de este Anteproyecto, el que une las estaciones de Mogro (en el punto kilométrico 516,7 de la línea Oviedo-Santander) y Mortera (en el punto kilométrico 520,5), de aproximadamente 4 kilómetros de longitud. En dicho tramo, la línea es de vía doble electrificada, con bloqueo automático en vía doble. El grueso de las circulaciones en el mismo pertenece a los servicios de cercanías, aunque también circulan diariamente varios trenes de media distancia que enlazan las ciudades de Oviedo y Santander, y algunos trenes de mercancías de diversa naturaleza, incluyendo aquellos con origen o destino en la citada factoría de Solvay.

Se propone realizar, en el tramo de interés, una mejora de la línea ferroviaria existente, atendiendo a criterios de resiliencia, económicos y ambientales, realizándose modificaciones del trazado en el subtramo Mogro-Río Pas, y con especial énfasis en los elementos que mejoren el comportamiento de la infraestructura ante eventos de inundación.

1. 1. Justificación

La principal motivación del presente Anteproyecto viene dada por los problemas generados en las circulaciones de la citada línea debidos a las inundaciones que sufre la llanura del río Pas, entre los municipios de Miengo y Piélagos, en las proximidades de las localidades de Mogro, en el primer caso, y Boo de Piélagos, en el segundo. Estos episodios de crecida del río se producen principalmente por la combinación del incremento del caudal del mismo y la subida del nivel del agua durante la pleamar, provocada por la cercanía de la desembocadura del Pas en el mar Cantábrico, en el estuario de la ría de Mogro.

La orografía hace que la línea de ferrocarril Oviedo-Santander se vea especialmente afectada durante estos fenómenos, sobre todo la sección que va desde la entrada de la estación de Mogro (lado Oviedo) hasta el puente que cruza el río Pas. La relativa baja cota de la plataforma en esta zona hace que el agua cubra por completo la vía durante las avenidas que se producen durante los temporales, especialmente en invierno, como los episodios que tuvieron lugar en marzo de 2014 y enero de 2019. Por si no fuera suficiente, el incipiente cambio climático puede hacer que estos episodios sean cada vez más frecuentes y de mayor magnitud. La cota de la lámina del agua puede llegar en el futuro a superar los 4 metros sobre el nivel del mar en el entorno de la estación de Mogro, con profundidades superiores al metro de altura en algunos puntos (Merino Martínez, 2021).

Esta problemática hace que el servicio, tanto de transporte de pasajeros como de mercancías, se vea seriamente alterado, bien provocando dificultades y retrasos en la circulación de los trenes, o siendo directamente interrumpida, con alternativas de transporte por carretera o la suspensión del servicio. En una línea con un denso tráfico como ésta no deberían producirse este tipo de perturbaciones frecuentemente, por lo que la actuación en esta zona está justificada.

Por otra parte, la propia naturaleza de las infraestructuras ferroviarias exige un mantenimiento constante, a fin de conservar sus características de seguridad y confort. Es por ello que sería conveniente una renovación de la línea férrea no solo en el subtramo afectado por las inundaciones del río Pas, sino en todo el tramo que une las estaciones de Mogro y Mortera. La infraestructura actual está diseñada para velocidades máximas de hasta 100 km/h (ADIF, 2021), pero en realidad las velocidades de explotación se encuentran por debajo de esta cifra. La renovación del tramo se realizaría, por tanto, no solo con la vista puesta en temas relacionados con el drenaje de la infraestructura, sino también pensando en una renovación y rectificación de la vía que permitiera actualizar su estado a las condiciones esperadas para un transporte más moderno, eficiente y seguro.

Finalmente, la mejora de la línea dada tanto por una mayor fiabilidad por la reducción de posibles interrupciones del servicio, como por la obtención de mayores velocidades de explotación en las circulaciones podría reducir la saturación de la misma, que es una de las problemáticas actuales de la red de ancho métrico de Cantabria (ADIF, 2017). Según datos de Renfe Operadora de principios de 2021, circulan 52 trenes de pasajeros (cercanías y media distancia) por día y sentido, a los que habría que añadir el tráfico de trenes de mercancías y otras circulaciones especiales (mantenimiento, trenes turísticos, o traslados de material). La suma de todo ello da más de un centenar de circulaciones diarias, lo que da una buena idea de la importancia de esta línea.

La problemática existente en la línea en la actualidad se describe en más profundidad en el apartado 2.3 y en el Anejo nº1.

1. 2. Objetivos

El primero de los objetivos es hacer transformar la infraestructura ferroviaria existente en una capaz de **lidar adecuadamente con los eventos de inundación**. Se llevará a cabo una renovación integral de la línea Oviedo-Santander en el tramo Mogro-Mortera, en dos secciones diferenciadas, con soluciones adaptadas a las circunstancias de cada una de ellas.

Por un lado, se **rediseñará** la sección que va desde la estación de Mogro hasta el cruce con el río Pas, que es el subtramo que sufre las inundaciones provocadas por las avenidas de dicho río, debido a su baja cota con respecto del cauce. Para la infraestructura, se proponen dos tipos de solución: la primera, de tipo terraplén, elevando la plataforma actual tanto como sea necesario para evitar el desbordamiento por encima de la misma con la suficiente seguridad, incorporando los elementos de drenaje adecuados para evacuar el caudal de avenida; la segunda, de tipo estructura elevada mediante pilas, que permita el flujo del agua durante las crecidas por debajo de ésta, evitando el efecto barrera del terraplén y sin necesidad de incorporar elementos de drenaje. Para la superestructura, se escogerá entre vía en placa o sobre balasto. La descripción de estas técnicas se incluye en el Estudio de Soluciones. En el mismo, se han empleado los datos del estudio *Análisis hidrológico del río Pas en el*

entorno de la estación de Mogro (Merino Martínez, 2021), en el que se han realizado simulaciones del comportamiento hidrológico del río para períodos de retorno de 50, 100, 300 y 500 años, de acuerdo con las exigencias de la normativa de drenaje de ADIF. Las simulaciones se han ejecutado tanto con datos de precipitación actuales como con estimaciones de la precipitación futura (2041-2070) que incluyen los potenciales efectos del cambio climático. Los resultados obtenidos guardan cierta similitud para 50 y 100 años, y lo mismo ocurre para 300 y 500 años, tanto para la situación actual como para la futura, por lo que las alternativas para la nueva sección se realizarán tomando los casos más desfavorables de cada grupo (las simulaciones de la situación futura a 100 y 500 años, respectivamente). Para la elección de la alternativa más adecuada, se analizarán aspectos constructivos, de resiliencia, económicos, y de impacto ambiental. Un resumen de las alternativas constructivas consideradas inicialmente -para cada posible trazado- en el subtramo Mogro-Río Pas, se incluye en la Tabla 1:

Alternativas constructivas iniciales para el subtramo Mogro-Río Pas		
Período de retorno	Tipo de infraestructura	Tipo de superestructura
100 años (con cambio climático)	Terraplén	Vía sobre balasto
		Vía en placa
	Estructura	Vía sobre balasto
		Vía en placa
500 años (con cambio climático)	Terraplén	Vía sobre balasto
		Vía en placa
	Estructura	Vía sobre balasto
		Vía en placa

Tabla 1: Resumen de alternativas preliminar para la sección Mogro-Río Pas (descripción)

Por otro lado, en la sección Río Pas-Mortera se mejorará la infraestructura existente con la **renovación de los elementos de la superestructura**, tales como las traviesas, los carriles y el balasto. En este caso, no se ha considerado oportuno realizar un análisis de alternativas en tanta profundidad, debido a que los verdaderos problemas de inundación tienen lugar en la sección Mogro-Río Pas, no siendo destacables entre el río Pas y la estación de Mortera, por lo que se considera suficiente renovar la superestructura existente.

La propia adaptación de la línea ferroviaria por motivos de inundación y drenaje permitirá cumplir otra serie de objetivos, también de gran importancia, y que se recogen en el **Plan de Actuación del Núcleo de Cantabria** (ADIF, 2017):

- **Renovar y modernizar la infraestructura existente**, para solventar el estado de obsolescencia en que se encuentra actualmente. Los trabajos incluirán la renovación de la infraestructura y los elementos de la superestructura, lo que permitirá cumplir este objetivo.
- **Ampliar la capacidad** de la infraestructura, para reducir la saturación de las líneas y estaciones. La adaptación del trazado ferroviario para evitar los problemas provocados por la inundación -principalmente en alzado, aumentando la cota- y además aumentar las velocidades de circulación -principalmente en planta, rectificando el trazado- hará que la línea pueda admitir un mayor número de circulaciones y una mayor fiabilidad en las mismas.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INTERÉS

2. 1. Localización de la zona de los trabajos

El tramo Mogro-Mortera discurre paralelamente a la costa central de Cantabria, a una distancia de la misma que oscila entre los 4 kilómetros a la altura de la estación de Mortera y los 2,5 kilómetros a la altura del cruce con el río Pas. Se alternan en esta región las zonas de acantilados -en las zonas de El Madero y Somocuevas, por ejemplo- con los extensos arenales de playas como la de Valdearenas, en Lienres. A pesar de la cercanía al mar, la orografía en el recorrido de la línea férrea y alrededores presenta una alta variabilidad, aunque las transiciones son suaves. La infraestructura ferroviaria parte de una cota próxima al nivel del mar en Mogro, y llega a aproximadamente 50 metros sobre el nivel del mar en la estación de Mortera. Sin embargo, a menos de un kilómetro de la estación de Boo de Piélagos, se encuentra el Monte La Picota, de más de 200 metros de altitud.

En su recorrido, el ferrocarril pasa junto a los núcleos de población de Mompía, en el municipio de Santa Cruz de Bezana; Boo de Piélagos, en el municipio de Piélagos; y el pequeño Barrio de La Estación de Mogro, en el municipio de Miengo. Dominan claramente, en todos los casos, los edificios de carácter residencial y/o comercial, y también cabe destacar el complejo sanitario de la Clínica Mompía, junto a la estación de Mompía-Mortera. Los principales usos del suelo en la zona, según datos del SIOSE descargados del visualizador de la administración autonómica (Gobierno de Cantabria), son: agricultura, residencial y terrenos sin uso socioeconómico. Desde el punto de vista geológico, las principales unidades están compuestas por arcillas, calizas, margas y rellenos antrópicos, de acuerdo con el Mapa Geológico de España (Instituto Geológico y Minero de España). Las condiciones geotécnicas de la zona son aceptables para una obra de estas características.

En la Figura 1 se muestra la zona en una vista aérea orientada al noreste, mientras que la Figura 2 hace lo propio orientándose en este caso hacia el sureste, a fin de conocer mejor la disposición de la infraestructura y la orografía del lugar.

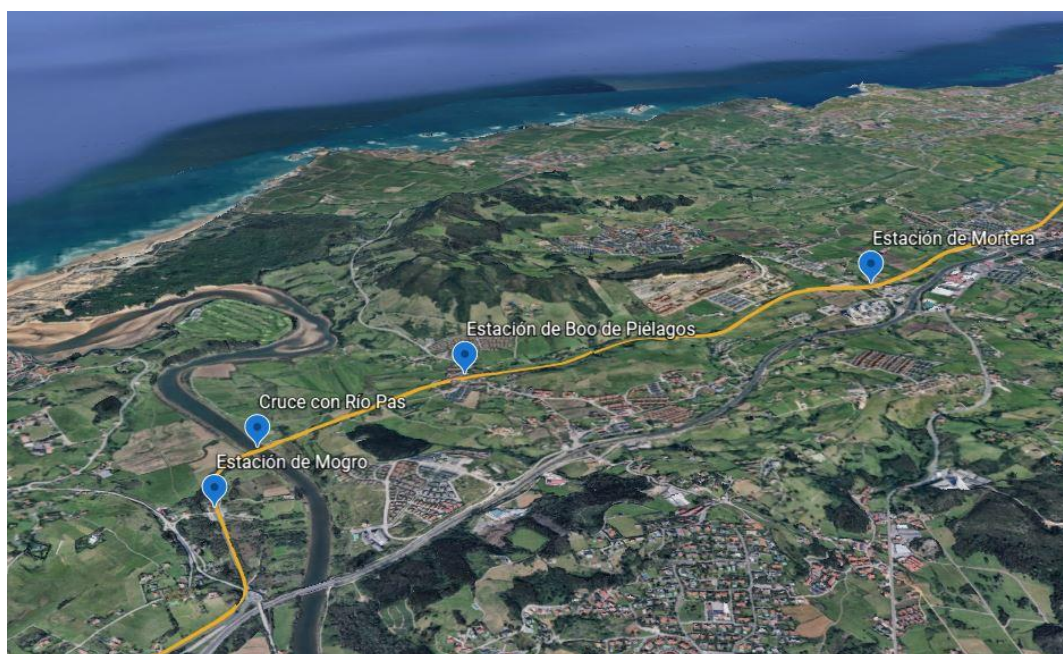


Figura 1: Vista de la zona, NE (elaboración propia a partir de Google Earth)

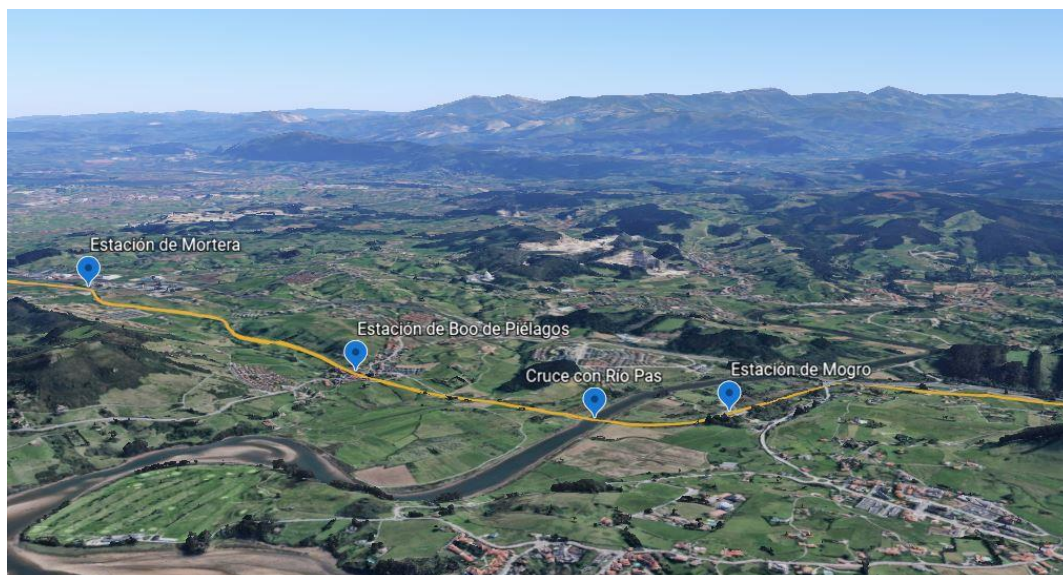


Figura 2: Vista de la zona, SE (elaboración propia a partir de Google Earth)

2. 2. Problemática

El principal problema observado en este tramo de la línea Oviedo-Santander está relacionado con los eventos de **inundación** que vienen sucediendo en repetidas ocasiones en la zona de la llanura inundable del río Pas. La combinación del bajo relieve del terreno con las crecidas del Pas hace que estos fenómenos sean especialmente destacables cuando se superponen las precipitaciones extremas, la pleamar, o la saturación del suelo. El cambio climático, además, hará que estos sucesos tengan lugar con mayor frecuencia en el futuro.

Por otra parte, encontramos una serie de incidencias provocadas, de alguna u otra forma, por el estado en que se encuentran **la infraestructura y el parque móvil** existentes. En este grupo pueden incluirse la limitación de la velocidad de circulación, fallos en los sistemas de señalización y comunicación, averías del material móvil, o enganches a la catenaria.



Figura 3: Estación de Mogro inundada

2. 3. Antecedentes

El tramo existente fue construido a finales del siglo XIX, quedando inaugurado en 1895. Desde ese momento, se han llevado a cabo diversas mejoras, más allá del mero mantenimiento de la infraestructura, tales como la duplicación de la vía o la electrificación de la misma. Más recientemente, se produjo la renovación de las instalaciones y andenes de la estación de Mogro, la principal del tramo de interés.

2. 4. Climatología

La región cuenta con un clima oceánico, templado y húmedo, de tipo Cfb según la clasificación climática de Köppen. No hay estación seca y el verano es templado. Las variaciones de la temperatura son pequeñas a moderadas tanto a escala diaria como a escala anual.

La temperatura media anual es de 14,5°C. La máxima absoluta es de 37,6°C y la mínima absoluta de -5,4°C. La precipitación media anual es de 1129 mm, y la precipitación máxima registrada en 24 horas es de 134,4 mm. Se dan, aproximadamente, tres episodios de inundaciones o avenidas catastróficas -aquellas producidas por precipitaciones con intensidades, en general, por encima de los 100 mm en 24 horas, capaces de devastar edificaciones y vías de comunicación, e incluso pudiendo causar víctimas mortales- cada 100 años.

2. 5. El río Pas y su cuenca

Uno de los elementos más importantes de la zona es el río Pas, que cruza la línea ferroviaria entre las estaciones de Mogro y Boo de Piélagos, en el entorno de su **llanura inundable**. Tiene una longitud total de 61 kilómetros, desde que nace en la Cordillera Cantábrica, entre las Peñas Negras y Castro Valnera, hasta su desembocadura en el Mar Cantábrico, en la ría de Mogro (Confederación Hidrográfica del Cantábrico). Fluye en dirección Sureste-Noroeste en el curso alto, y en dirección Sur-Norte en los cursos medio y bajo (Directiva Marco del Agua Cantabria).

La cuenca hidrográfica del río Pas tiene una extensión de 661 km², siendo la segunda en superficie de la vertiente norte de Cantabria. Además del propio río Pas, destacan los ríos Luena o de La Magdalena y el río Pisueña, que son afluentes de éste. Dicha cuenca presenta un relieve en el que alternan zonas más accidentadas, sobre todo en la zona sur, con abundantes valles y zonas bajas, principalmente en la zona norte (Merino Martínez, 2021). En la Figura 3 se muestra la cuenca del Pas, los municipios que abarca, así como los elementos hidrológicos de mayor relevancia ubicados en la misma.

El punto en la que el río Pas y la línea de ferrocarril confluyen se encuentra en el curso bajo de éste, a las puertas de su desembocadura en el mar. Se trata de una zona llana en la que el terreno presenta cotas muy bajas, alrededor del nivel del mar, y que se encuentra rodeada por otras zonas situadas a mayor altura. Este hecho es uno de los factores que contribuyen a la problemática que se viene observando en los últimos años.



Figura 4: Cuenca hidrológica del río Pas (Directiva Marco del Agua Cantabria)

2. 5. 1. Características hidráulicas

El estudio de las variables hidráulicas se ha realizado con software HEC-HMS y HEC-RAS. Los caudales máximos de diseño a 100 y 500 años son 597,6 y 801,7 m³/s, respectivamente. Las cotas máximas de la superficie del agua son de 3,84 m a 100 años y de 4,20 m a 500 años. En la sección del río donde actualmente se ubica el puente de la línea Oviedo-Santander, estas cotas son de 3,57 m a 100 años y 3,89 m a 500 años, respectivamente.

2. 6. Geología y geotecnia

En la zona predominan las formaciones del Cretácico y, especialmente, del Cuaternario. Las direcciones principales de las fallas y pliegues son NE-SO, sensiblemente paralelas a la costa, y norte-sur. La zona es notablemente diversa: existen margas y calizas arcillosas y arenosas, depósitos de aluviones en las proximidades del Pas, calcarenitas, dolomías y cubetas de decalcificación.

El tramo en cuestión atraviesa zonas de tipo I₁ e I₂, según el mapa geotécnico general del IGME. La mayor parte del trazado presenta condiciones constructivas aceptables, con problemas de tipo geomorfológico. El extremo sur, por otro lado, presenta condiciones constructivas desfavorables, con problemas de tipo litológico. Dado que la obra de infraestructura más compleja se desarrolla en la zona de condiciones constructivas aceptables -en la zona de condiciones desfavorables solo se ubica la transición con la línea existente-, se considera que no deberían producirse problemas de tipo geotécnico.

3. ESTUDIO DE SOLUCIONES

La propuesta de diseño consiste en modificar la infraestructura ferroviaria existente en el subtramo **Mogro-Río Pas**, y mejorar la superestructura en el subtramo Río Pas-Mortera. A fin de encontrar la solución más adecuada para el primero de ellos, se ha evaluado la idoneidad de una serie de alternativas en cuanto a criterios de **resiliencia, coste económico e impacto ambiental**.

Las alternativas propuestas difieren en tres variables: el trazado, la infraestructura y la superestructura. Para la primera variable, se han propuesto tres opciones: mantener el trazado existente, una trazado al oeste del actual, y otro más al este. Para la segunda variable, se han dado las opciones de infraestructura en terraplén o en viaducto. Para la tercera, se han considerado la vía sobre balasto y la vía en placa. Además, se contemplaron períodos de retorno de 100 y 500 años. La suma de todas las combinaciones posibles ascendía hasta las 24 alternativas. Debido al elevado número, se descartaron algunas de las combinaciones por motivos técnicos o de conveniencia constructiva, y se rechazó la posibilidad de diseño a 100 años de período de retorno, por ubicarse el tramo sobre un cauce importante. Finalmente, quedaron 9 alternativas de diseño en el subtramo Mogro-Río Pas.

Denominación	Alternativa de trazado	Infraestructura	Superestructura	Período de retorno	Longitud
(1) A2	Actual	Terraplén	Vía sobre balasto	500 años	1280 m
(2) A6		Estructura	Vía en placa		
(3) A8			Vía en placa		
(4) O2	Oeste	Terraplén	Vía sobre balasto		1295 m
(5) O6		Estructura	Vía en placa		
(6) O8			Vía en placa		
(7) E2	Este	Terraplén	Vía sobre balasto		1155 m
(8) E6		Estructura	Vía en placa		
(9) E8			Vía en placa		

Tabla 2: Listado definitivo de alternativas

Para cada uno de los criterios (resiliencia, coste económico e impacto ambiental), se han evaluado los aspectos más relevantes que difieren entre las alternativas de diseño, para poder asignar una puntuación a cada una de ellas para cada uno de los criterios.

La elección final de la solución más adecuada para el subtramo Mogro-Río Pas se ha realizado mediante el Proceso Analítico Jerárquico, desarrollado por el profesor Thomas L. Saaty. Este es un método de análisis multicriterio, de utilidad reconocida, que se utiliza para tener en cuenta diversos criterios, que normalmente están jerarquizados y entran en conflicto, empleando matrices de comparación a pares.

El resultado de la evaluación multicriterio fue que la alternativa más adecuada, siguiendo los criterios y pesos establecido, es la número 8 (o E6), con una puntuación global de 0,164 (la suma de las puntuaciones de las nueve alternativas es de 1). La segunda mejor alternativa es la 9 (o E8), con una puntuación de 0,144. La alternativa con la puntuación global más baja es la 5 (u O6), con 0,072.

En el Anejo nº4 se describe todo el procedimiento en detalle.

4. SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución escogida es, por tanto, la **alternativa** de diseño número **8** (o E6) para el subtramo Mogro-Río Pas, que discurre por el trazado este, con una infraestructura de tipo estructura sobre pilas o viaducto, y una superestructura de vía sobre balasto. Para el subtramo Río Pas-Mortera, se renovará la superestructura de vía, manteniendo la tipología de vía sobre balasto. En el Anejo nº3 se describen los datos técnicos de la solución y de la línea con más detalle. En el Anejo nº5 se describe y justifica la decisión adoptada.

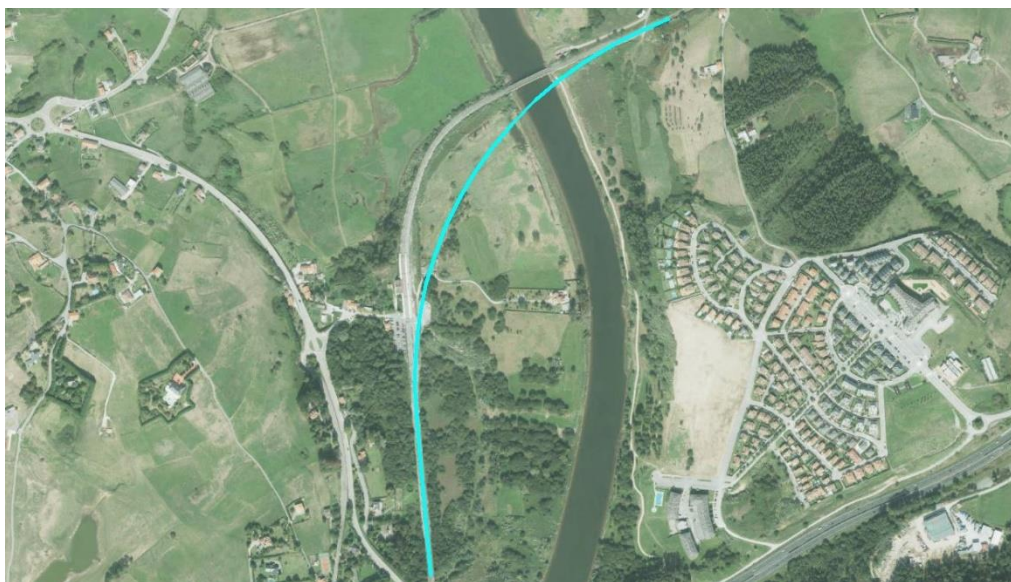


Figura 5: Trazo de la solución adoptada (Mogro-Río Pas)

4. 1. Trazado

El diseño del trazado se ha realizado utilizando el software Istram. Se ha establecido una velocidad de proyecto de 100 km/h. En planta, el radio mínimo de curvatura en el nuevo trazado es de 650 metros. Las curvas de transición tienen parámetros mínimos de $A=268$ m y $L=110$ m. En alzado, se enlazan rectas con acuerdos verticales de radio 10000 m, claramente por encima del valor de referencia de 5040 m que establece la normativa para las características de la línea. La rampa máxima es de 12 milésimas, la longitud mínima de los acuerdos verticales es de 20 metros, y la longitud mínima con pendiente constante es de 60 metros. El peralte máximo es de 65,3 mm, por debajo del límite máximo de 100 mm que establece la norma.

4. 2. Balasto y plataforma

Se dispone de una anchura de plataforma para vía doble en ancho métrico de 11,50 metros, distribuidos en 3,50 metros de entrevía, y 4 metros desde el eje de cada vía. Los tipos de suelo de la zona son QS2 (medianos) y QS3 (buenos), la línea es de categoría 1C, y se exige, por tanto, una plataforma de tipo P2 o media, y una capa de forma de 30 cm de espesor. El balasto, de tipo 1, se dispone sobre una capa de subbalasto de 0,30 m.

4. 3. Superestructura de vía

Se emplea carril 54-E1, de 54 kg/ml, formándose las barras largas soldadas mediante el procedimiento de soldadura aluminotérmica. Los aparatos de vía deben permitir condiciones mínimas de paso por vía directa a 100 km/h y por vía desviada a 30 km/h. Las traviesas a instalar en todo el tramo Mogro-Mortera serán traviesas monobloque de hormigón pretensado con armaduras pretesas o postesas, de tipo DW, para ancho 1000 mm y carril 54-E1.

4. 4. Características básicas

Longitud de vía del subtramo Mogro-Río Pas	1154,925 m
Longitud de terraplén	153,100 m
Longitud de desmonte	194,925 m
Longitud de viaductos	806,900 m
Longitud de vía del subtramo Río Pas-Mortera	3125,000 m
Longitud de vía total	4279,925 m

Tabla 3: Características básicas

5. IMPACTO AMBIENTAL

El tramo Mogro-Mortera se encuentra dentro de los dominios de dos áreas de interés natural, ambas Zonas de Especial Conservación de la Red Natural 2000: “Dunas de Liencres y Estuario del Pas”, y “Río Pas”. No existen puntos de interés cultural en las proximidades de la traza, tan solo encontramos el Palacio de los Condes de Mortera a algo menos de un kilómetro de distancia.

Se han identificado como posibles impactos ambientales *severos* las afecciones relacionadas con espacios naturales de interés e hidrología superficial. No se han identificado impactos *críticos*. La nueva infraestructura tendrá un impacto *favorable* en la organización territorial. El resto de los impactos estudiados son *moderados, compatibles o nulos*.

Entre las medidas de mitigación o prevención previstas, se incluyen: reducir todo lo posible la superficie alterada, evitar la ejecución de desmontes y terraplenes de gran altura, realizar una adecuada elección en la ubicación de vertederos y préstamos, asegurar la recuperación de la cubierta vegetal autóctona, y respetar el cauce del río Pas.

A modo de resumen, los impactos ambientales de la solución adoptada no suponen una alteración sustancial de las condiciones actuales. La alternativa seleccionada para el subtramo Mogro-Río Pas resultó ser la más favorable ambientalmente. La renovación de la superestructura en el subtramo Río Pas-Mortera no supondrá grandes impactos al medio.

En el Anejo nº9 se desarrolla esta información en más profundidad.

6. AFECCIONES AL DOMINIO PÚBLICO

Se produce una interferencia directa con la red de saneamiento en el municipio de Piélagos, entre los P.K. 0+900 y 1+000, con tubería de saneamiento de gravedad del Gobierno de Cantabria. Además, quedan próximas al extremo norte del subtramo Mogro-Río Pas, en el municipio de Piélagos, tuberías de la red municipal de abastecimiento, un ramal de la red de alumbrado público, varios ramales de la red eléctrica y un ramal de la red de telecomunicaciones. En el municipio de Miengo no se dan interferencias directas, pero sí quedan próximas a la traza: un ramal de la red de abastecimiento y un ramal de la red de saneamiento (ambos en las proximidades de la estación de Mogro), y un ramal de la red de gas natural (en el extremo sur de la nueva traza).

Se verán afectadas cuatro servidumbres: tres en el municipio de Miengo, próximas a la estación de Mogro, y una en el municipio de Piélagos, entre el final del viaducto y el extremo norte del subtramo Mogro-Río Pas. En lo que respecta a las expropiaciones, se estima la superficie a expropiar en 15824,00 m² que, a 7,5 €/m², se han valorado en 118680,00 €.

En el Anejo nº10 se muestran los detalles de las afecciones al dominio público.

7. RESUMEN DE ACTIVIDADES

Las actividades previstas se han dividido en tres fases diferenciadas, numeradas por orden cronológico de la 1 a la 3. En el Anejo nº12 se describe en mayor detalle el proceso de ejecución de los trabajos. A continuación, se describen los puntos más importantes.

La fase 1 se centrará en la ejecución de la parte central del viaducto sobre la llanura inundable del río Pas, la preparación del baipás que permita dar continuidad a las circulaciones ferroviarias una vez se corte la línea existente y hasta que se ponga en servicio la nueva infraestructura, y la renovación de la vía impar (izquierda en sentido Oviedo-Santander) del subtramo Río Pas-Mortera.

En la fase 2, se desviará el tráfico por el baipás, y se terminará de ejecutar el viaducto, y se realizarán los trabajos de movimiento de tierras en ambos extremos del mismo, para después continuar con la superestructura en el subtramo Mogro-Río Pas. En paralelo, se renovará la vía par del subtramo Río Pas-Mortera.

En la fase 3, tendrá lugar la puesta en servicio del nuevo tramo Mogro-Mortera, y se desmantelará la vía del baipás, compuesto en parte por la antigua traza ferroviaria.

8. PRESUPUESTO

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM) del presente Anteproyecto se cifra en ONCE MILLONES OCHOCIENTOS SETENTA Y TRES MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS con OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (**11.873.597,89 €**).

El Presupuesto Base de Licitación (PBL) asciende a DIECISIETE MILLONES NOVENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS NOVENTA Y TRES EUROS con SESENTA CÉNTIMOS (**17.096.793,60 €**).

El Presupuesto para Conocimiento de la Administración (PCA) es de DIECISIETE MILLONES SEISCIENTOS TREINTA Y UN MIL CUARENTA Y NUEVE EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS (17.631.049,53 €).

DEMOLICIONES Y LEVANTES	133.960,88 €
MOVIMIENTO DE TIERRAS	228.407,83 €
ESTRUCTURAS	4.751.027,20 €
DRENAJE	430.224,73 €
REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS AFECTADOS	12.989,12 €
SUPERESTRUCTURA	3.635.785,05 €
INTEGRACIÓN AMBIENTAL	668.704,47 €
ELECTRIFICACIÓN	503.200,00 €
INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y COMUNICACIONES	538.343,38 €
ESTACIONES	668.621,93 €
DESVÍOS DE OBRA	302.333,30 €
Presupuesto de Ejecución Material	11.873.597,89 €

Tabla 4: Presupuestos parciales y Presupuesto de Ejecución Material

Presupuesto de Ejecución Material	11.873.597,89 €
Gastos generales (13% PEM)	1.543.567,73 €
Beneficio industrial (6% PEM)	7.12.415,87 €
Presupuesto Base de Licitación (sin IVA)	14.129.581,49 €
Presupuesto Base de Licitación (con IVA)	17.096.793,60 €
Expropiaciones	118680,00 €
Patrimonio Artístico Español (1,5% PEM)	178.103,97 €
Control y vigilancia de las obras (2% PEM)	237.471,96 €
Presupuesto para Conocimiento de la Administración	17.631.049,53 €

Tabla 5: Presupuesto Base de Licitación y Presupuesto para Conocimiento de la Administración

9. CONCLUSIONES DEL ANTEPROYECTO

El presente Anteproyecto tiene entre sus objetivos, además de proporcionar una solución efectiva y duradera a los problemas descritos previamente, el introducir los **estudios de resiliencia** para la toma de decisiones y la selección de alternativas de diseño en Estudios Informativos y Anteproyectos.

A la hora de realizar evaluaciones multicriterio, la práctica habitual en la actualidad consiste, principalmente, en considerar aspectos económicos y ambientales, junto con algún aspecto más específico según el caso (como puede ser la compatibilidad entre la nueva configuración de vías y las circulaciones ferroviarias en el diseño de una nueva estación, por ejemplo). Sin embargo, la resiliencia de las infraestructuras -vista como la capacidad de las mismas para superar estados traumáticos y ser capaz de adaptarse y volver a su estado inicial- es un factor de gran importancia, que no debería pasarse por alto.

Por ello, tanto el Autor como los Directores del Anteproyecto han considerado apropiado destacar la importancia de incluir el estudio de la resiliencia en futuros estudios de soluciones o alternativas, ya que es crucial para minimizar las posibilidades de cometer errores, al considerar factores relativos a la construcción, explotación y mantenimiento.

En este caso, se incluye en el **Anejo nº4: Estudio de soluciones atendiendo a criterios de resiliencia, económicos y ambientales** una evaluación multicriterio para la selección de la solución más apropiada, en la que se consideran la resiliencia, el coste económico y el impacto ambiental de la nueva línea, dando una mayor importancia al comportamiento resiliente, por los motivos expuestos en el **Anejo nº5: Solución adoptada**. Ambos anejos contienen la información más destacable del Anteproyecto, y aportan un cierto grado de innovación al mismo.

10. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ANTEPROYECTO

DOCUMENTO Nº1 – MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1. JUSTIFICACIÓN
 - 1.2. OBJETIVOS
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INTERÉS
 - 2.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE LOS TRABAJOS
 - 2.2. PROBLEMÁTICA
 - 2.3. ANTECEDENTES
 - 2.4. CLIMATOLOGÍA
 - 2.5. EL RÍO PAS Y SU CUENCA
 - 2.5.1. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS
 - 2.6. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
3. ESTUDIO DE SOLUCIONES
4. SOLUCIÓN ADOPTADA
 - 4.1. TRAZADO
 - 4.2. BALASTO Y PLATAFORMA
 - 4.3. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
 - 4.4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS
5. IMPACTO AMBIENTAL
6. AFECCIONES AL DOMINIO PÚBLICO
7. RESUMEN DE ACTIVIDADES

8. PRESUPUESTO
9. CONCLUSIONES DEL ANTEPROYECTO
10. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ANTEPROYECTO
11. AUTOR DEL ANTEPROYECTO

ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO Nº1 – ANTECEDENTES

ANEJO Nº2 – CARACTERÍSTICAS DEL ANTEPROYECTO

ANEJO Nº3 – DATOS BÁSICOS

ANEJO Nº4 – ESTUDIO DE SOLUCIONES ATENDIENDO A CRITERIOS DE RESILIENCIA, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES

ANEJO Nº5 – SOLUCIÓN ADOPTADA

ANEJO Nº6 – CLIMATOLOGÍA

ANEJO Nº7 – HIDROLOGÍA

ANEJO Nº8 – GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

ANEJO Nº9 – IMPACTO AMBIENTAL

ANEJO Nº10 – SERVICIOS AFECTADOS Y EXPROPIACIONES

ANEJO Nº11 – PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

ANEJO Nº12 – RESUMEN DE ACTIVIDADES

ANEJO Nº13 – TRAZADO

ANEJO Nº14 – FOTOGRAFÍA

DOCUMENTO Nº2 – PLANOS

1. PLANO DE SITUACIÓN
2. PLANOS EN PLANTA
 - 2.1. PLANO DIRECTOR DEL TRAZADO
 - 2.2. PLANOS DEL TRAZADO EN PLANTA
 - 2.3. ESCAPE DE VÍA
3. PERFILES

- 3.1. PERFILES LONGITUDINALES
- 3.2. PERFILES TRANSVERSALES
- 4. SERVICIOS AFECTADOS Y EXPROPIACIONES
 - 4.1. SERVICIOS AFECTADOS
 - 4.2. EXPROPIACIONES
- 5. SECCIONES TIPO
 - 5.1. DESMONTE
 - 5.2. TERRAPLÉN
 - 5.3. VIADUCTO
 - 5.4. ESTACIÓN
- 6. PLANOS DE DETALLE
 - 6.1. ESQUEMA
 - 6.2. TRAVIESA
 - 6.3. VARIOS

DOCUMENTO Nº3 – PRESUPUESTO

- 1. MEDICIONES
 - 1.1. MEDICIONES AUXILIARES
 - 1.2. MEDICIONES POR CAPÍTULO
- 2. UNIDADES DE OBRA Y ESTIMACIÓN DE PRECIOS
- 3. PRESUPUESTOS
 - 3.1. PRESUPUESTO POR CAPÍTULO
 - 3.2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

11. AUTOR DEL ANTEPROYECTO

En cumplimiento de la normativa legal vigente, se manifiesta que el presente Anteproyecto comprende una obra completa, ya que contempla todos y cada uno de los elementos que son precisos para la utilización de las obras.

SANTANDER, JULIO DE 2021
EL AUTOR DEL ANTEPROYECTO



FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO Nº1: ANTECEDENTES

Índice

1. ORDEN DEL ESTUDIO	2
1. 1. Comentarios previos	2
1. 2. Objeto del estudio	2
1. 3. Características	2
2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	3
2. 1. Historia de Cantabria	3
3. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS	4
4. PROBLEMÁTICA.....	5

1. ORDEN DEL ESTUDIO

El departamento de Ferrocarriles de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria encarga a los alumnos de cuarto curso del Grado de Ingeniería Civil la realización de un Estudio Informativo de Referencia.

1. 1. Comentarios previos

El presente Anteproyecto es un trabajo que estudia la solución más apropiada para resolver, entre otros, el problema de las inundaciones entre Mogro y el río Pas en el entorno de su llanura inundable, y la renovación de la superestructura entre el río Pas y la estación de Mortera, todo ello en la línea de ferrocarril de ancho métrico que une las ciudades de Oviedo, en Asturias, y Santander, en Cantabria.

Para el primer fin, inicialmente se han propuesto un total de 24 alternativas de diseño, con diferentes opciones de trazado, infraestructura y superestructura de vía. Por incompatibilidad o escasa conveniencia, se han descartado en un primer cribado 15 de ellas, dejando 9 alternativas para el proceso de evaluación multicriterio. Se comparan dichas alternativas a un nivel de estudio que considera variables de resiliencia, coste económico e impacto ambiental.

Una vez escogida la alternativa de diseño más adecuada para las condiciones establecidas previamente, se ha diseñado la misma a nivel de Anteproyecto. Posteriormente, será preciso analizar dicha solución en mayor detalle, a nivel de Proyecto.

1. 2. Objeto del estudio

La finalidad última es realizar una renovación integral del tramo Mogro-Mortera de la línea férrea Oviedo-Santander, de ancho métrico y vía doble entre dichas estaciones. Dicha renovación se ejecutará en dos subtramos diferenciados. Por un lado, el subtramo que va desde la entrada a la estación de Mogro (lado Oviedo) hasta la margen derecha del río Pas, se reconstruirá por completo. Por otro, en el subtramo que va desde el río Pas hasta la estación Mortera se renovará la superestructura de vía actual.

El objetivo principal de las actuaciones definidas en el presente Anteproyecto consiste en proporcionar una solución adecuada a los problemas de inundación de la vía que tienen lugar durante las avenidas del río Pas, que se ubica muy próximo a la traza existente en el entorno de la estación de Mogro. Además, se pretende renovar la infraestructura actual, que se encuentra en mal estado en varios puntos de la traza, así como ampliar la capacidad de la misma, permitiendo circulaciones con mayores velocidades.

1. 3. Características

- Velocidad de proyecto: $v_{\text{máx}} = 100 \text{ km/h}$.
- Longitud del tramo existente: **4405 m**.
- Longitud del tramo proyectado: **4280 m**.
- Anchura de la plataforma: **11,50 m**.

- Tipología de vía: **dobles de ancho métrico**.

El resto de las características de la línea se definen de acuerdo a la normativa del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias o, en su defecto, en caso de no encontrarse información actual, de la documentación de la extinta Feve o según el criterio del proyectista.

Este Anteproyecto, una vez finalizado, deberá ser remitido al Área de Proyectos de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos para su revisión.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

2. 1. Historia de Cantabria

Los primeros registros de presencia humana en el territorio abarcado en la actualidad por la comunidad autónoma de Cantabria se remontan a hace unos 130000 años. En ese tiempo, los grupos de cazadores recolectores preneandertales de la región ocupaban cuevas como la de El Castillo, en Puente Viesgo, o establecimientos al aire libre, como los de La Verde, en Camargo, o El Hondal, en Polanco.

Famosas son las pinturas de las cuevas de Altamira, de 15000 años de antigüedad, la evidencia más destacable de la existencia de pobladores en la región en tiempos prehistóricos. Después de muchos siglos, los pueblos cántabros se establecieron en la zona. En la época de máximo apogeo del Imperio Romano, la fiera resistencia que opusieron a la ocupación los cántabros los llevó a su exterminación. Cantabria, junto con Asturias, fue la última región en ser dominada por los romanos. La influencia de estos fue escasa y restringida, casi completamente, a las poblaciones que ellos mismos habían fundado.

Tras el año 409, al desaparecer el dominio romano de la península, Cantabria retomó su independencia, que volvería a desvanecerse en el 574, año en el que llegaron los visigodos, que establecieron el ducado de Cantabria, manifestando la identidad propia de la región.

En la Edad Media, los pobladores de la región ejercieron de retaguardia de la Reconquista, siendo ellos mismos los fundadores de los asentamientos que posteriormente formarían lo que hoy conocemos como Castilla. Tras un tiempo de confusión, la identidad cántabra desapareció finalmente al ser la parte oriental absorbida por Castilla y la occidental por Asturias.

En el año 1833, la división provincial de Javier de Burgos, en la que se creó la provincia de Santander, como parte de la reforma territorial española, proporcionó a Cantabria de un centro administrativo por vez primera en su historia, lo que dio pie a diversas iniciativas durante el siglo XIX.

Durante la Segunda República, el Partido Republicano Federal de la entonces provincia de Santander redactó un proyecto de estatuto, que no llegó a llevarse a cabo. Finalmente, tras la Transición a la democracia después de la dictadura franquista, Cantabria fue de las primeras comunidades en aprobar su propio Estatuto de Autonomía, vigente desde entonces.

3. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

Las actuaciones del presente Anteproyecto se desarrollan en la línea de ferrocarril de ancho métrico Oviedo-Santander.

El tramo de interés fue construido a finales del siglo XIX. La sección entre Santander y Cabezón de la Sal, de 45 kilómetros de longitud, fue inaugurada el 2 de enero de 1895. Hubo que esperar hasta el 20 de julio de 1905 para presenciar la apertura del tramo entre Cabezón de la Sal y Llanes, con el que se producía la unión efectiva por ferrocarril entre las ciudades de Santander y Oviedo.

La línea Oviedo-Santander estuvo durante mucho tiempo bajo la administración de pequeñas compañías independientes: la Compañía del Ferrocarril del Cantábrico, que administraba el tramo que unía Santander con Llanes, y la Compañía de los Ferrocarriles Económicos de Asturias, entre Llanes y Oviedo.

La vía doble existente entre Santander y Torrelavega fue construida, básicamente, durante el periodo de explotación particular de la Compañía del Cantábrico, contando con un buen trazado, de radios de curvatura medios de 400 metros. Debido a la alta densidad de tráfico a la que estaba sometido dicho tramo -por el servicio de cercanías y de trenes de mercancías-, ya en los años cuarenta se apuntó a la necesidad de aumentar la capacidad de la línea en los 26 kilómetros que separan ambas ciudades.

A fin de mejorar las prestaciones, se contempló la posibilidad de electrificar la línea, como se había hecho previamente con otras líneas de vía estrecha -y ancha-, pero se desechó por la complejidad de las actuaciones para una compañía tan pequeña, por lo que se ejecutó la mencionada segunda vía. La primera sección en ser desdoblada fue la Requejada-Torrelavega, que se finalizó en 1951.

En el momento de la inauguración de la línea, la única estación de las tres existentes en el tramo de interés que se encontraba construida y en servicio era la de Mogro. Las estaciones de Boo de Piélagos y Mortera son posteriores. Las tres forman parte en la actualidad del núcleo de cercanías de Cantabria.

En febrero del año 1997, se aprobó la renovación de la vía y obras complementarias entre Mortera y Boo de Piélagos, y en agosto se hizo lo propio entre Mogro y Boo de Piélagos.

En el año 2017, Renfe Operadora y ADIF elaboraron el Plan de Actuación del núcleo de Cercanías de Cantabria, en el cual se detallan las características actuales de la red, así como los principales problemas que acusa y una serie de medidas a adoptar para tratar de solventarlos y mejorar la red en su conjunto.

En 2020, se produjo la renovación de las instalaciones y andenes de la estación de Mogro.

4. PROBLEMÁTICA

El principal problema relacionado con este tramo de la línea Oviedo-Santander viene dado por los eventos de inundación que tienen lugar con asiduidad en la zona de la llanura inundable del río Pas (como se observa en las Figuras 1 y 2). El bajo relieve del terreno a ambas márgenes del río lo hace especialmente vulnerable ante este tipo de fenómenos. Las crecidas del Pas son de especial calibre cuando coinciden en el tiempo factores como las precipitaciones extremas, el deshielo de la nieve en zonas altas, o la saturación del suelo. En esta zona, además, se debe tener en cuenta el efecto del mar, ya que el nivel del agua varía muy notablemente entre la pleamar y la bajamar, al ubicarse al comienzo del estuario de la ría de Mogro. Por si no fuera suficiente, el cambio climático hará que estos inconvenientes vayan a más con el paso de los años.



Figura 1: Estación de Mogro inundada (Sañudo Ortega, 2019)



Figura 2: Estación de Mogro inundada (S., 2019)

En segundo lugar, encontramos un conjunto de problemas que están causados, en mayor o menor medida, por el estado actual de la infraestructura. El que es probablemente más palpable por los usuarios de la misma es la limitación de la velocidad, por debajo de los parámetros de diseño de la línea y de los valores habituales para un núcleo de cercanías -en el que los trenes deberían alcanzar mayores velocidades para compensar el elevado número de paradas que efectúan-. En la Figura 3 se

puede observar el estado de la vía en puntos como el paso a nivel del P.K. 517,3. Por otro lado, en las Figuras 4 y 5 se muestran las limitaciones de velocidad actuales en la línea, en este caso en la estación de Mogro y en el puente sobre el río Pas, respectivamente. Tanto la limitación provisional (40 km/h) como las permanentes (70 km/h) están claramente por debajo de los 100 km/h, la limitación que debería tener la línea. En la Figura 10 se aprecia el mal estado de conservación del carril a la salida de la estación de Mortera.



Figura 3: Paso a nivel en el municipio de Piélagos



Figura 4: Limitaciones de velocidad en la estación de Mogro



Figura 5: Limitación de velocidad en el puente sobre el río Pas



Figura 6: Estado del carril en la entrada a la estación de Mortera, lado Oviedo

También se podrían incluir en este grupo las incidencias que tienen lugar de manera habitual en la línea, que posiblemente no solo están relacionadas con la infraestructura, sino también con el material móvil que circula por la misma. En este capítulo encontramos fallos en los sistemas de señalización y comunicación, averías del material móvil, o enganches a la catenaria.

ANEJO Nº2: CARACTERÍSTICAS DEL ANTEPROYECTO

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CARACTERÍSTICAS DEL ANTEPROYECTO	2
3. OBJETO DEL ANTEPROYECTO.....	2

1. INTRODUCCIÓN

El alumno Fernando Merino Martínez de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander ha redactado el presente Anteproyecto, en el que se rediseña parte del trazado de una línea de ferrocarril de ancho métrico existente y se propone la renovación de la superestructura de otra sección de la misma. La línea en cuestión es la que une las ciudades de Oviedo y Santander, constituyendo uno de los ejes más importantes de la cornisa cantábrica.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ANTEPROYECTO

Las características más remarcables del tramo de interés en el Anteproyecto se incluyen en la Tabla 1:

Longitud de vía del subtramo Mogro-Río Pas	1154,925 m
Longitud de terraplén	153,100 m
Longitud de desmonte	194,925 m
Longitud de viaductos	806,900 m
Longitud de vía del subtramo Río Pas-Mortera	3125,000 m
Longitud de vía total	4279,925 m

Tabla 1: Características del anteproyecto

3. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

El objeto primordial del presente Anteproyecto es proporcionar una solución adecuada a los problemas provocados por las inundaciones que existen en el momento actual en la línea Oviedo-Santander en las proximidades de la llanura inundable del río Pas, en la proximidad de la estación de Mogro. La orografía del terreno a ambos márgenes del río es suave y con cotas próximas al nivel del mar, lo que hace a esa zona especialmente vulnerable ante los eventos de este tipo.

Las avenidas del río Pas son especialmente notables cuando se dan al mismo tiempo una serie de factores: precipitaciones extremas, la saturación del suelo por precipitaciones anteriores, el deshielo de las cumbres, etc. Debido a la proximidad del Mar Cantábrico en este tramo, debe además considerarse el efecto de las mareas: la diferencia entre el nivel del agua en la pleamar y la bajamar es muy importante, ya que nos encontramos en el principio del estuario de la ría de Mogro. Para empeorar la situación, los problemas de esta naturaleza no harán más que volverse más frecuentes y de mayor magnitud en el futuro, debido al cambio climático. Es por ello que los cálculos del Anteproyecto incluyen sus efectos para el diseño de la nueva infraestructura.

Por otra parte, hay que añadir una serie de problemas provocados, total o parcialmente, por las condiciones en las que se encuentra la infraestructura actual. El que es probablemente más fácilmente apreciable por los usuarios es la limitación de la velocidad de explotación de la línea, que se encuentra por debajo de la velocidad de diseño de la línea y de los valores que son habituales en los núcleos de cercanías, en los que los trenes deben ser capaces de alcanzar una velocidad suficiente para compensar el gran número de paradas que realizan y así ser competitivos frente otros medios de

transporte, especialmente el vehículo privado. A pesar de que la velocidad de diseño del tramo Mogro-Mortera es de 100 km/h, encontramos limitaciones permanentes y temporales muy por debajo de esa cifra, incluso por debajo de la mitad.

Finalmente, encontramos las incidencias que tienen lugar en la línea, pero no solo tienen una relación directa o indirecta con la infraestructura existente, sino también con el material móvil que se emplea en su explotación. Pueden incluirse en este grupo fallos en los sistemas de señalización y comunicación, averías del material móvil, enganches a la catenaria, etc.

Las actuaciones definidas en el presente Anteproyecto deberían ser capaces de solventar todos estos problemas y permitir un correcto funcionamiento de la infraestructura.

ANEJO Nº3: DATOS BÁSICOS

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. BIBLIOGRAFÍA APLICABLE	2
3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	2
4. LA RED DE ADIF RAM EN CANTABRIA	3
5. LA LÍNEA OVIEDO-SANTANDER.....	6
6. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA VÍA	6
7. EL CARRIL	6
8. SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA.....	7
9. APARATOS DE VÍA	7
10.LA TRAVIESA.....	8
11.BALASTO Y PLATAFORMA	9
11. 1. La explanación	9
11. 2. La plataforma	9
11. 3. La banquetta	9
11. 4. El balasto	10
12.GEOMETRÍA DE LA VÍA.....	10
12. 1. Alineación en planta	10
12. 2. Alineación en alzado	11
12. 3. Peralte	11
12. 4. Radio y velocidades máximas	11
13.ESTACIONES	11
14.TRÁFICO ACTUAL	12

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como objetivo mostrar los datos de partida con los que se ha contado, y que se han considerado necesarios para la elaboración del presente Anteproyecto. Dicha información se estructura en los siguientes grupos:

- Localización geográfica de las obras.
- Breve descripción del estado y características de la red de ADIF de ancho métrico en Cantabria.
- Tráfico actual de la línea Oviedo-Santander en el tramo Mogro-Mortera.
- Breve descripción de los municipios que recorre la línea.

2. BIBLIOGRAFÍA APLICABLE

Se enumeran a continuación las fuentes de las que se ha obtenido información relativa a los datos básicos de partida para la realización del Anteproyecto:

- El estudio “Análisis hidrológico del río Pas en el entorno de la estación de Mogro” del autor.
- El documento “Plan de Actuación: Núcleo de Cantabria” de ADIF.
- La declaración sobre la red de 2021 de ADIF.
- Normativa técnica de ADIF: trazado, geometría de vía, etc.

3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El tramo de interés en el presente Anteproyecto se extiende principalmente en dirección oeste-este, de forma paralela a la costa central de la comunidad autónoma de Cantabria, con una distancia al mar que se mueve entre los aproximadamente 2,5 kilómetros en la zona donde se produce la intersección con el río Pas y los 4 kilómetros en la estación de Mortera. En su recorrido, la línea férrea atraviesa los municipios de Miengo, Piélagos y Santa Cruz de Bezana.

La cercanía al Mar Cantábrico hace que las cotas por las que discurre la línea sean en general bajas. En los 4 kilómetros de longitud que tiene dicho tramo, se pasa de estar próximos al nivel del mar en el entorno de la estación de Mogro, a los 50 metros de altitud en la estación de Mortera. En las proximidades de la línea, encontramos la llanura aluvial del río Pas y la ría de Mogro, una zona que se encuentra habitualmente inundada de forma total o parcial y por la que transcurre tanto el trazado actual como el futuro, lo que da pie a fenómenos de gran complejidad. Esta zona, en la que se encuentra la desembocadura del río Pas, es un área de notable singularidad, gran valor natural y diversidad paisajística. En una extensión relativamente pequeña se encuentran los arenales y el bosque del Parque Natural de las Dunas de Liencres, las zonas bajas del Abra del Pas, los acantilados de Somocuevas, y zonas de monte como La Picota o El Tolio -que superan los 200 metros sobre el nivel del mar, a pesar de encontrarse a escasos dos kilómetros del mismo-.

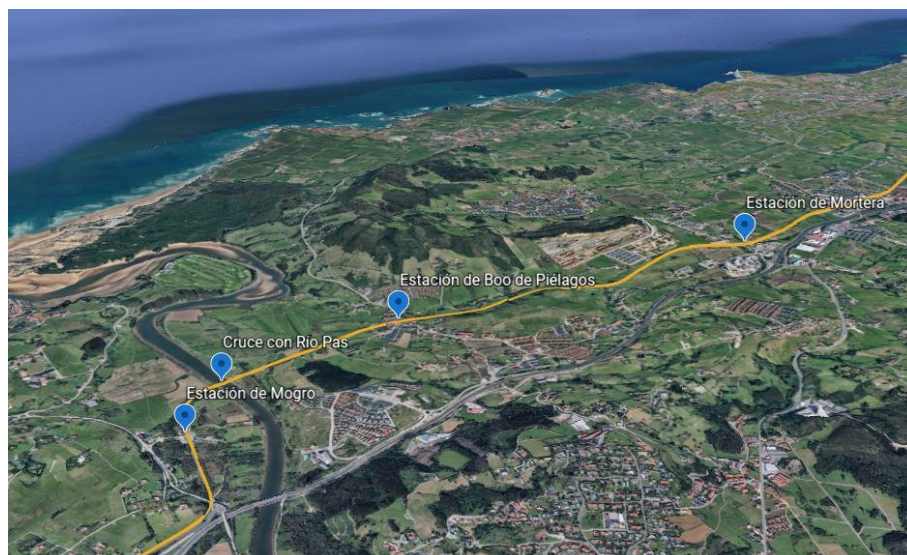


Figura 1: Vista de la zona de interés, orientación NE

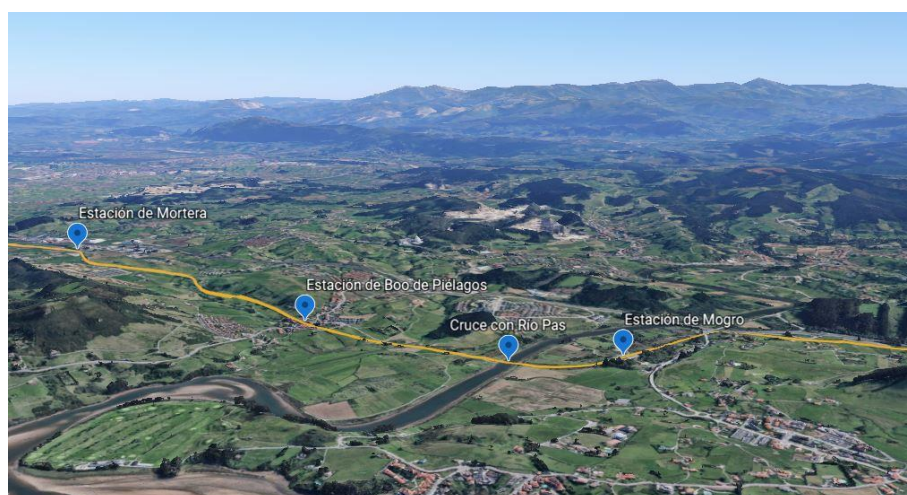


Figura 2: Vista de la zona de interés, orientación SE

Su ubicación entre las ciudades de Santander (173375 habitantes en 2020) y Torrelavega (51597 hab., 2020) hace de este tramo de la línea Oviedo-Santander uno de los principales ejes de transporte de la comunidad autónoma, y de los puntos que conecta una de las zonas más dinámicas de la región. Por ello, miles de personas utilizan los trenes de la línea cada día para desplazarse, sin olvidar que esta es también utilizada para transportar mercancías, por la proximidad de puntos como el Puerto de Santander o la factoría de Solvay, centros de recepción y emisión de bienes. Es aquí donde radica su importancia estratégica, y la necesidad de adecuar la infraestructura a las exigencias y necesidades de nuestro tiempo.

4. LA RED DE ADIF RAM EN CANTABRIA

La red gestionada hasta 2012 por la antigua Feve fue absorbida desde su extinción por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, y es ahora operada por Renfe Operadora. Dicha red está compuesta por líneas de ancho métrico (1000 mm). En la comunidad autónoma de Cantabria, dicha red se puede dividir en tres grandes ejes:

- El Oviedo-Santander, utilizado por la línea de cercanías Santander-Cabezón de la Sal de principio a fin. Adicionalmente, es empleado por trenes regionales que unen Cantabria y Asturias, así como por trenes de mercancías, mantenimiento y turísticos.
- El Santander-Bilbao, utilizado por la línea de cercanías Santander-Liérganes entre Santander y Orejo. Del mismo modo, también lo utilizan los trenes regionales que unen Cantabria y el País Vasco, de mercancías, mantenimiento y turísticos.
- El Ferrocarril de la Robla, que une Bilbao con dicha localidad leonesa, y es empleada por trenes regionales que unen el País Vasco y Castilla y León, atravesado Cantabria en una pequeña sección entre las provincias de Burgos y Palencia.

A estos, hay que añadir los ramales a Liérganes, para tráfico de pasajeros, y al puerto de Raos, para tráfico de mercancías, así como otras ramificaciones menores. Las circulaciones de cercanías representan el 86% del total.

En lo que respecta a la parte perteneciente a la red de Cercanías de ancho métrico, está formada por 72,4 kilómetros -el 44% en vía doble, y el 56% restante en vía única- y 35 estaciones. La totalidad de los tramos de cercanías están electrificados, mientras que el resto de la red está sin electrificar. Si nos fijamos en el sistema de bloqueo, se emplea bloqueo automático (de vía única o doble, según corresponda). Las limitaciones de velocidad varían, salvo limitaciones temporales, entre 40 y 100 km/h. A continuación, se muestra parte del mapa de velocidades máximas en la red de ancho métrico de la Declaración sobre la Red de 2021 de ADIF (Figura 3). En él se puede observar que, salvo el tramo que va de Santander a Torrelavega, las velocidades están por debajo de los 100 km/h, con tramos con velocidades máximas -permanentes, existen limitaciones temporales inferiores -tan bajas como 50 km/h.



Figura 3: Velocidades máximas en la red de ancho métrico de Cantabria (ADIF, 2021)

Según el diagnóstico del administrador (ADIF, 2017), las principales problemáticas de la red existente en ancho métrico son la obsolescencia de la infraestructura, los problemas de saturación, la necesidad de nueva infraestructura, y la necesidad de mejorar la integración del ferrocarril en entornos urbanos. A estos problemas generales, hay que añadir los problemas particulares del tramo Mogro-Mortera: las inundaciones, el estado actual de la vía, y las bajas velocidades de circulación, principalmente.

El parque móvil de cercanías en Cantabria está formado por trenes de las series 436 (antigua serie 3600) y 438 (antigua serie 3800) de Renfe. El de media distancia lo conforman trenes de las series 524 (antigua serie 2400) y 527 (antigua serie 2700). Los trenes de mercancías suelen ir propulsados por locomotoras de la serie 619 (antigua serie 1900). En ocasiones, pueden darse excepciones a estas reglas generales.



Figura 5: Serie 436



Figura 4: Serie 438



Figura 7: Serie 524



Figura 6: Serie 527



Figura 8: Serie 619

5. LA LÍNEA OVIEDO-SANTANDER

La línea de ferrocarril que enlaza las ciudades de Oviedo, en el Principado de Asturias, con Santander, en la comunidad autónoma de Cantabria, es una de las de mayor importancia dentro de la red de ancho métrico gestionada por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. Si la clasificamos a nivel nacional, se trata de una línea de nivel secundario, ya que enlaza dos capitales de provincia y comunidad autónoma con poblaciones inferiores a los 250000 habitantes, si bien tienen una gran importancia en el contexto de la cornisa cantábrica. Esta línea proporciona servicios regionales entre ambas comunidades autónomas, así como servicios de corta distancia en sendos núcleos de Cercanías.

El ancho de vía, como en el resto de la antigua red de Feve, es métrico, de 1000 mm. La mayor parte de la línea dispone de vía única, si bien el tramo de interés en el presente Anteproyecto cuenta con vía doble, una para cada sentido, ambas electrificadas. La línea tiene un régimen de explotación a cargo de la empresa Renfe Operadora.

6. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA VÍA

El subtramo en el que se va a rediseñar el trazado cuenta con radios de curva muy superiores al límite establecido por ADIF de 200 metros en ancho métrico para los sobreanchos, por lo que no son necesarios.

Si bien la línea es de carácter secundario, su localización en un núcleo de cercanías y entre zonas de intensa actividad industrial y transporte de mercancías hacen que su tráfico tanto de mercancías como, sobre todo, de viajeros, será considerable. ADIF establece que en las líneas de ancho métrico la carga máxima por eje es de 15,0 t y por metro lineal de 8,0 t, por lo que se adoptarán estas pautas en la nueva infraestructura.

De acuerdo con la normativa de diseño de trazado de ADIF NAP 1-2-1.0, se adopta un valor de entrevía de 3500 mm.

La vida útil previsible de las obras de fábrica, movimientos de tierras y estructuras es de 100 años. En lo que respecta a la superestructura de vía y otras instalaciones, se contempla un rango de entre 30 y 60 años.

7. EL CARRIL

Se emplea carril del tipo 54-E1, de 54 kg/ml, de calidad 260 (carbono-manganeso), y dureza 200/300 HBW (Figura 9).

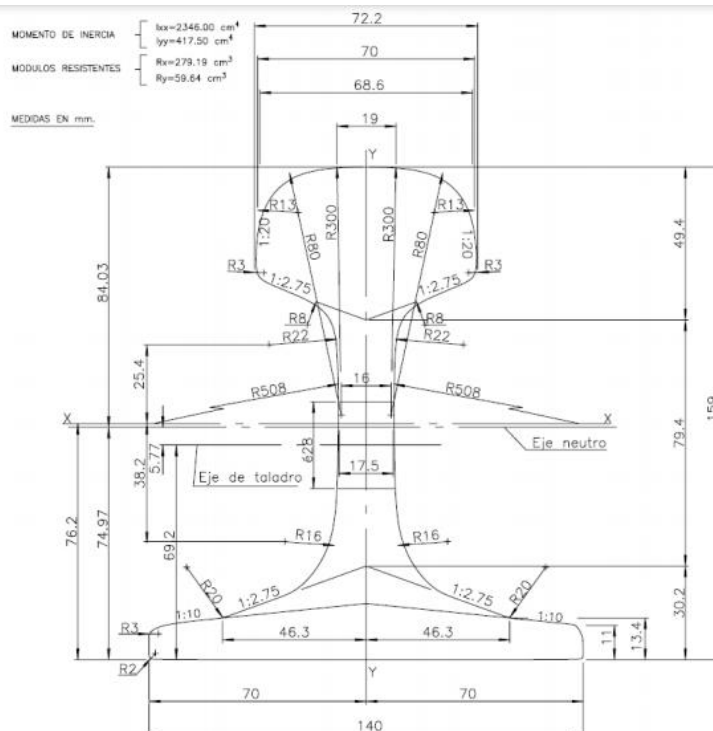


Figura 9: Sección de carril UIC 54 kg/ml

8. SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

Se prevé que el carril llegue a obra en forma de barras elementales de 18 metros laminadas. Una vez en el lugar de la obra, se conforman las barras largas soldadas mediante el procedimiento de soldadura aluminotérmica.

Este proceso debe ser realizado por soldadores adecuadamente homologados para su ejecución por el Ente Administrador de Infraestructuras Ferroviarias y se ejecuta de acuerdo con una metodología detallada. La ejecución de una soldadura aluminotérmica se compone de las siguientes fases:

- Preparación de la junta y el molde.
- Colada.
- Eliminación del depósito de corindón.
- Corte de la mazarota (fundición).
- Acabado de la soldadura y posterior marcaje.

9. APARATOS DE VÍA

Según la NAP 1-2-1.0, no está permitido el diseño de trazados que conlleven la instalación de nuevas travesías con unión en vía general, salvo que estas no penalicen excesivamente la velocidad de paso por vía directa. Tampoco es recomendable el montaje de bretelles en curva.

De acuerdo con el objetivo del Anteproyecto, los aparatos de vía deben permitir condiciones mínimas de paso por vía directa a 100 km/h y por vía desviada a 30 km/h. Para cumplir este fin, se emplearán los siguientes aparatos de vía:

- Escapes: ESMH-B1-UIC54-190-1:10,5-CR, que permiten una velocidad de paso por vía directa de 160 km/h, y 40 km/h por vía desviada.

10. LA TRAVIESA

La traviesa a instalar en todo el tramo proyectado Mogro-Mortera serán traviesas monobloque de hormigón pretensado con armaduras pretesas o postesas, de tipo DW, para ancho 1000 mm y carril 54-E1.

Entre dos ejes de traviesas contiguas se deja una separación de 0,600 metros. Las características geométricas más destacables de este tipo de traviesas (Figura 10) se muestran a continuación:

- Longitud: 1,900 metros.
- Peso: 177 kg.
- Altura en la sección central: 175 mm.
- Altura en la sección bajo el eje del carril: 185 mm.
- Altura en el extremo de la traviesa: 209 mm.
- Anchura máxima en la base: 260 mm.
- Inclinación del plano de apoyo del carril: 1/20.

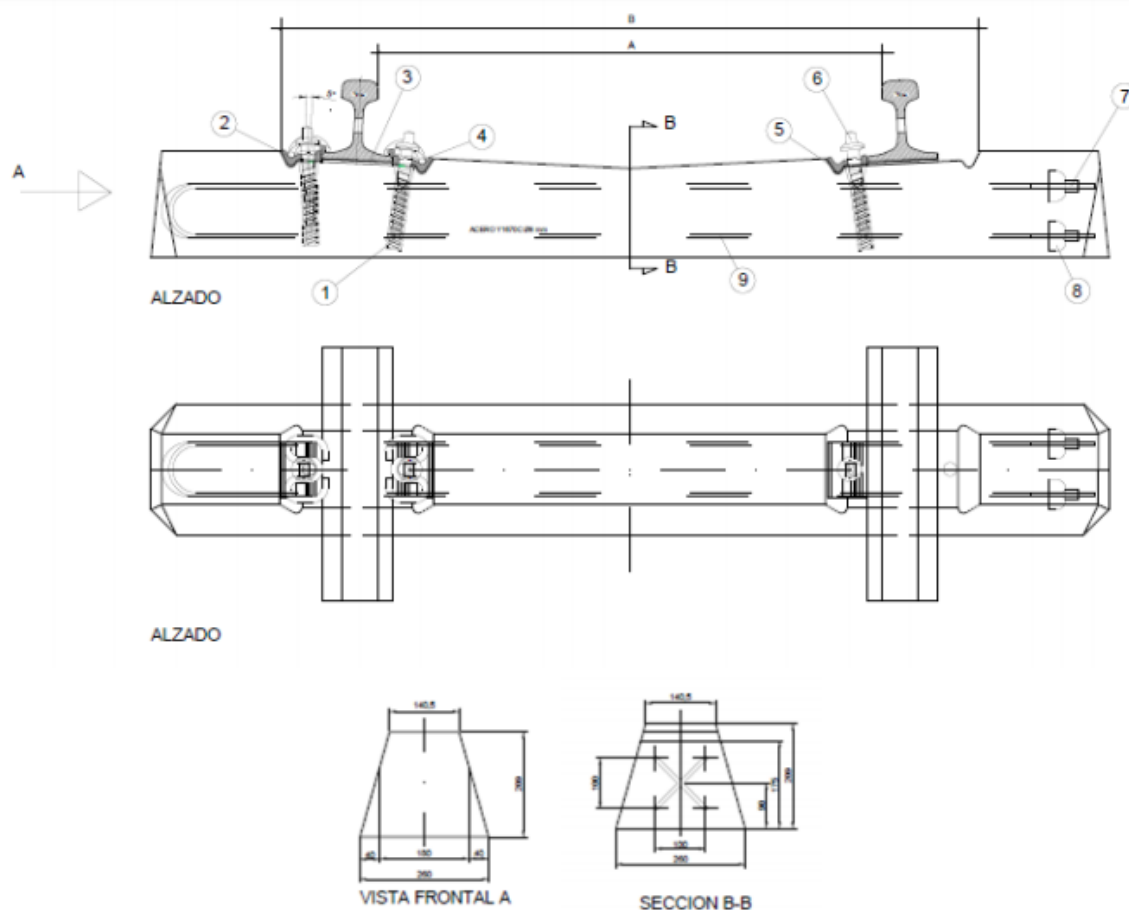


Figura 10: Traviesa Monobloque DW

11. BALASTO Y PLATAFORMA

11. 1. La explanación

La explanación del ferrocarril es la zona de terreno natural o preparado cuya función consiste en albergar la totalidad de sus instalaciones, y en España se encuentra protegida legalmente según la LOTT y su Reglamento. Así, a la hora de expropiar terrenos para el ferrocarril, se deberá tener en cuenta la banda de protección de la zona de dominio público, formada por la propia explanación y una banda de cuatro metros a cada lado de la misma. La explanación es el terreno comprendido entre la arista superior de las trincheras y el pie de los terraplenes.

11. 2. La plataforma

Se dispone de una anchura de plataforma para vía doble en ancho métrico de 11,50 metros, distribuidos en 3,50 metros de entrevía, y 4 metros desde el eje de cada vía. Para determinar la plataforma más conveniente para la nueva línea, se consideran los siguientes datos:

- Calidad del suelo existente.
- Categoría de la línea a construir.
- Capacidad portante deseada.

En lo que respecta a la calidad del suelo existente, según el Anejo 3 de Geología y Geotecnia y atendiendo a las categorías que determina la UIC, encontramos los siguientes tipos de suelo en la zona:

- QS2: suelos medianos.
- QS3: suelos buenos.

Sobre la categoría de la línea, comparando con líneas actuales, nos encontramos ante una vía de tipo 1C.

La capacidad portante que se exige a la plataforma es de $5 < \text{CBR} < 20$, por tanto, una plataforma de tipo P2 o media.

Según la normativa de ADIF de capas de asiento ferroviarias, se dispone una capa de forma de 30 cm de espesor.

11. 3. La banqueta

La anchura del hombro lateral de la banqueta es de 0,90 m, la pendiente es de 5/4 y el espesor mínimo de balasto bajo la traviesa es de 0,30 m. La diferencia de cota entre la rasante de la vía y la coronación de la plataforma en el eje, h , se calcula según la formulación de la NAP 1-2-1.0 (esquema en la Figura 11).

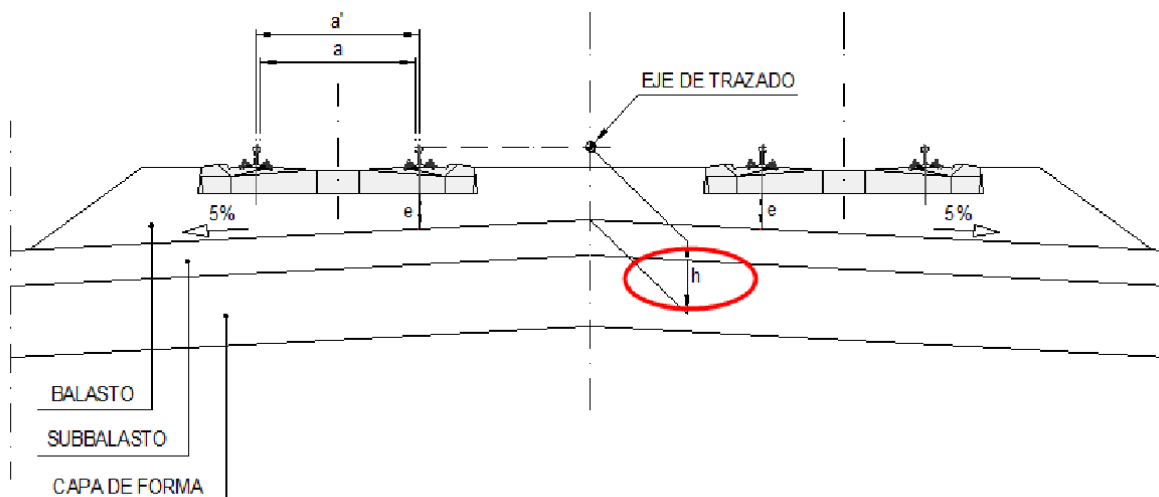


Figura 11: Diferencia de cotas h

$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + h_{\text{suela bajo traviesa}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} - 0,02 * \left(\frac{E}{2} - \frac{a'}{2} \right)$$

En las condiciones de la vía del Anteproyecto:

$$h = 0,159 + 0,185 + 0,300 - 0,02 * \left(\frac{1,75}{2} - \frac{1,072}{2} \right) = 0,637 \text{ m} \text{ (sin considerar el espesor de la placa de asiento y la suela bajo la traviesa)}$$

11. 4. El balasto

El balasto se dispone sobre una capa previa de subbalasto de 0,30 m. El balasto que se emplea es de tipo 1. La piedra partida procederá de la extracción, machaqueo y cribado de bancos sanos de canteras de roca dura de naturaleza silíceas, de origen ígneo o metamórfico. No serán aceptados balastos de origen calizo o dolomítico, o procedentes de rocas sedimentarias o cantos rodados, ni con fragmentos de madera, carbonosos u otras materias orgánicas, ni conteniendo plásticos o metales. Están asimismo prohibidos suministros de balasto que procedan de la mezcla de rocas de distinta naturaleza geológica.

12. GEOMETRÍA DE LA VÍA

12. 1. Alineación en planta

En lo referente a la geometría de la vía, para el trazado en planta se han combinado las siguientes alineaciones:

- Recta.
- Curva circular: de radio de curvatura constante, para la adaptación del trazado a la orografía o los factores condicionantes presentes en cada caso particular.
- Curva de transición: o clotoides, de curvatura variable, que enlazan alineaciones rectas con curvas circulares, o dos curvas circulares de radios distintos. Sus funciones incluyen variar la curvatura -y la fuerza centrífuga- gradualmente, para evitar impactos bruscos, así como alcanzar el peralte deseado de forma gradual.

El radio mínimo de curvatura en el trazado es de 650 metros, con aceleración por insuficiencia de peralte de referencia de $0,65 \text{ m/s}^2$, normal de $0,85 \text{ m/s}^2$ y excepcional de $1,00 \text{ m/s}^2$.

Las curvas de transición tendrán parámetros mínimos de $A=268 \text{ m}$ y $L=110 \text{ m}$.

12. 2. Alineación en alzado

En el alzado se enlazan rectas con acuerdos verticales de radio 10000 m. El valor de referencia para ancho métrico según la norma es de $0,35 \cdot v^2$ (con un mínimo de 2000 m), valor que para este tramo es de 5040 m, por lo que nos encontramos claramente por encima de esa cifra.

La rampa máxima es de 12 milésimas, por debajo del valor de referencia para ancho métrico en tráfico mixto de pasajeros y mercancías (12,5 milésimas). En estación, la rampa es de menos de 8 milésimas, que queda por debajo del límite de referencia de 10 milésimas para todos los anchos de la red de ADIF.

La longitud mínima de los acuerdos verticales es de 20 metros, de acuerdo con la NAP 1-2-1.0, aunque en el nuevo trazado son notablemente superiores. La distancia mínima con pendiente constante entre dos acuerdos vertical es de 60 metros ($V/2$ según la norma).

12. 3. Peralte

El peralte máximo es de 100 mm, tal y como establece la normativa de diseño del trazado ferroviario de ADIF como peralte excepcional para vías con andén en ancho métrico. El nuevo trazado presenta un valor máximo de 65,3 mm de peralte.

12. 4. Radio y velocidades máximas

La velocidad de proyecto de la línea es de 100 km/h, si bien algunos de los parámetros empleados por el software de diseño se han fijado para una velocidad de 120 km/h, lo que es compatible con el objetivo establecido, al ser una velocidad superior.

Con un radio de curvatura de 650 metros (el de la única alineación curva del nuevo trazado), y empleando la fórmula $v = 4,5 \cdot \sqrt{R}$, se obtiene una velocidad de 114,73 km/h, por encima del requerido, por lo que el radio de curvatura es suficientemente grande.

13. ESTACIONES

El tramo del presente Anteproyecto discurre por las estaciones de Mogro, Boo de Piélagos y Mortera. En la estación de Mogro, el nuevo trazado se ubicará al este del actual, sobre una estructura elevada, lo que obligará a desplazar los andenes existentes, que quedarán fuera de servicio. Deberán diseñarse unos accesos a los mismos desde la vía pública.

En el caso de las estaciones de Boo de Piélagos y Mortera, las actuaciones contempladas en dicho subtramo solamente incluyen la renovación de la superestructura de vía, por lo que las estaciones existentes podrán continuar prestando servicio en las condiciones actuales, sin necesidad de realizar modificación alguna.

14. TRÁFICO ACTUAL

El tramo Mogro-Mortera de la línea de ancho métrico Oviedo-Santander cuenta con una de las mayores intensidades de circulación de toda la red de ADIF RAM. Uno de los factores que permite que esto ocurra es el disponer de vía doble -algo poco habitual en la red-, lo que evita la necesidad de cuadrar los surcos de las circulaciones en cada uno de los sentidos para que coincidan en las estaciones con dos o más vías, favoreciendo una fluidez mucho mayor. El segundo es su localización, en una de las zonas de mayor densidad de población del entramado de la antigua Feve, entre las ciudades de Santander y Torrelavega, que hace que las circulaciones de, principalmente, cercanías, pero también media distancia y mercancías, sean abundantes en todo momento.

Para poder definir las circulaciones de trenes de pasajeros, se han obtenido los horarios de trenes de la página web de Renfe Operadora, en su sección de ancho métrico. Debido a que en las estaciones de Mogro, Boo de Piélagos y Mortera no todas las circulaciones efectúan parada, se han empleado los horarios con origen en Santander y destino en Torrelavega, y viceversa, ya que en ese caso sí que se incluyen todos los trenes de pasajeros que circulan por el tramo Mogro-Mortera.

Origen			Destino		
Paradas	Estación	Salida	Estación	Llegada	Duración
▶	Santander	05:30	Torrelavega	05:58	00:28
▶	Santander	06:00	Torrelavega	06:34	00:34
▶	Santander	06:30	Torrelavega	07:04	00:34
▶	Santander	06:40	Torrelavega	07:07	00:27
▶	Santander	07:00	Torrelavega	07:34	00:34
▶	Santander	07:25	Torrelavega	07:54	00:29
▶	Santander	07:45	Torrelavega	08:19	00:34
▶	Santander	08:05	Torrelavega	08:32	00:27
▶	Santander	08:15	Torrelavega	08:49	00:34
▶	Santander	08:30	Torrelavega	09:04	00:34
▶	Santander	08:10	Torrelavega	09:36	00:26
▶	Santander	08:15	Torrelavega	09:49	00:34
▶	Santander	08:30	Torrelavega	09:56	00:26
▶	Santander	08:45	Torrelavega	10:19	00:34
▶	Santander	10:00	Torrelavega	10:26	00:26
▶	Santander	10:15	Torrelavega	10:49	00:34
▶	Santander	10:30	Torrelavega	10:56	00:26
▶	Santander	11:00	Torrelavega	11:26	00:26
▶	Santander	11:15	Torrelavega	11:49	00:34
▶	Santander	11:45	Torrelavega	12:19	00:34
▶	Santander	12:15	Torrelavega	12:49	00:34
▶	Santander	12:45	Torrelavega	13:19	00:34
▶	Santander	13:00	Torrelavega	13:26	00:26
▶	Santander	13:15	Torrelavega	13:49	00:34

Tabla 1: Circulaciones de pasajeros en el tramo Mogro-Mortera (día laborable, sentido Santander-Torrelavega, I)

▶	Santander	13:45	Torrelavega	14:19	00:34
▶	Santander	14:05	Torrelavega	14:32	00:27
▶	Santander	14:15	Torrelavega	14:49	00:34
▶	Santander	14:35	Torrelavega	15:03	00:28
▶	Santander	14:45	Torrelavega	15:19	00:34
▶	Santander	15:00	Torrelavega	15:26	00:26
▶	Santander	15:15	Torrelavega	15:49	00:34
▶	Santander	15:35	Torrelavega	16:01	00:26
▶	Santander	15:55	Torrelavega	16:21	00:26
▶	Santander	16:15	Torrelavega	16:49	00:34
▶	Santander	16:50	Torrelavega	17:16	00:26
▶	Santander	17:15	Torrelavega	17:49	00:34
▶	Santander	17:30	Torrelavega	17:56	00:26
▶	Santander	18:00	Torrelavega	18:26	00:26
▶	Santander	18:15	Torrelavega	18:49	00:34
▶	Santander	18:30	Torrelavega	18:56	00:26
▶	Santander	18:45	Torrelavega	19:19	00:34
▶	Santander	19:00	Torrelavega	19:26	00:26
▶	Santander	19:15	Torrelavega	19:49	00:34
▶	Santander	19:35	Torrelavega	20:01	00:26
▶	Santander	19:50	Torrelavega	20:24	00:34
▶	Santander	20:15	Torrelavega	20:49	00:34
▶	Santander	20:35	Torrelavega	21:09	00:34
▶	Santander	20:50	Torrelavega	21:16	00:26
▶	Santander	21:15	Torrelavega	21:49	00:34
▶	Santander	21:45	Torrelavega	22:19	00:34
▶	Santander	22:15	Torrelavega	22:49	00:34

Tabla 2: Circulaciones de pasajeros en el tramo Mogro-Mortera (día laborable, sentido Santander-Torrelavega, II)

Tal y como se puede observar en las Tablas 1 y 2, las circulaciones entre Santander y Torrelavega en los días laborables empiezan con el tren que sale de la primera estación las 5:30 y llega a las 05:58 a la segunda, y finalizan con el tren de que sale de Santander a las 22:15 y llega a Torrelavega a las 22:49. En total, hacen 51 circulaciones diarias. En las Tablas 3 y 4 se recogen los horarios en el sentido opuesto, también para los días entre semana. Las circulaciones comienzan con el tren que sale de Torrelavega a las 6:36 y llega a Santander a las 7:10, y terminan con el que sale de la primera a las 23:11 y finaliza su recorrido en la segunda a las 23:45. En total, hacen 54 circulaciones diarias. En la última columna se encuentran las duraciones de los trayectos, y se puede apreciar la diferente duración de los trenes, en función de las paradas que efectúan. En las estaciones del tramo Mogro-Mortera, los trenes rápidos -en la mayoría de los casos- pasan sin parada.

Origen			Destino		
Paradas	Estación	Salida	Estación	Llegada	Duración
⌚	Torrelavega	06:36	Santander	07:10	00:34
➡	Torrelavega	07:06	Santander	07:40	00:34
➡	Torrelavega	07:26	Santander	07:52	00:26
➡	Torrelavega	07:36	Santander	08:10	00:34
➡	Torrelavega	07:50	Santander	08:17	00:27
⌚	Torrelavega	08:06	Santander	08:40	00:34
➡	Torrelavega	08:20	Santander	08:47	00:27
➡	Torrelavega	08:36	Santander	09:10	00:34
➡	Torrelavega	08:50	Santander	09:20	00:30
➡	Torrelavega	09:06	Santander	09:40	00:34
⌚	Torrelavega	09:36	Santander	10:10	00:34
⌚	Torrelavega	10:00	Santander	10:26	00:26
➡	Torrelavega	10:06	Santander	10:40	00:34
➡	Torrelavega	10:36	Santander	11:10	00:34
➡	Torrelavega	10:50	Santander	11:16	00:26
➡	Torrelavega	11:06	Santander	11:40	00:34
⌚	Torrelavega	11:30	Santander	11:56	00:26
⌚	Torrelavega	11:44	Santander	12:10	00:26
➡	Torrelavega	12:06	Santander	12:40	00:34
➡	Torrelavega	12:36	Santander	13:10	00:34
➡	Torrelavega	13:03	Santander	13:33	00:30
➡	Torrelavega	13:22	Santander	13:56	00:34
⌚	Torrelavega	13:36	Santander	14:10	00:34
⌚	Torrelavega	13:50	Santander	14:16	00:26

Tabla 3: Circulaciones de pasajeros en el tramo Mogro-Mortera (día laborable, sentido Torrelavega-Santander, I)

▶	Torrelavega	14:06	Santander	14:40	00:34
▶	Torrelavega	14:26	Santander	14:52	00:26
▶	Torrelavega	14:36	Santander	15:10	00:34
ⓘ	Torrelavega	14:50	Santander	15:17	00:27
ⓘ	Torrelavega	15:06	Santander	15:40	00:34
▶	Torrelavega	15:20	Santander	15:47	00:27
▶	Torrelavega	15:36	Santander	16:10	00:34
▶	Torrelavega	15:55	Santander	16:21	00:26
▶	Torrelavega	16:06	Santander	16:40	00:34
ⓘ	Torrelavega	16:34	Santander	17:00	00:26
ⓘ	Torrelavega	16:50	Santander	17:16	00:26
▶	Torrelavega	17:06	Santander	17:40	00:34
▶	Torrelavega	17:29	Santander	17:55	00:26
▶	Torrelavega	18:06	Santander	18:40	00:34
▶	Torrelavega	18:20	Santander	18:46	00:26
ⓘ	Torrelavega	18:39	Santander	19:05	00:26
ⓘ	Torrelavega	19:06	Santander	19:40	00:34
▶	Torrelavega	19:20	Santander	19:46	00:26
▶	Torrelavega	19:36	Santander	20:10	00:34
▶	Torrelavega	19:50	Santander	20:16	00:26
▶	Torrelavega	20:15	Santander	20:41	00:26
ⓘ	Torrelavega	20:25	Santander	20:59	00:34
ⓘ	Torrelavega	20:41	Santander	21:15	00:34
▶	Torrelavega	21:20	Santander	21:46	00:26
▶	Torrelavega	21:25	Santander	21:59	00:34
▶	Torrelavega	21:36	Santander	22:10	00:34
ⓘ	Torrelavega	22:06	Santander	22:40	00:34
ⓘ	Torrelavega	22:36	Santander	23:10	00:34
▶	Torrelavega	23:06	Santander	23:34	00:28
▶	Torrelavega	23:11	Santander	23:45	00:34

Tabla 3: Circulaciones de pasajeros en el tramo Mogro-Mortera (día laborable, sentido Torrelavega-Santander, II)

En las Tablas 5 y 6 se muestran los horarios para los sábados y domingos. Los fines de semana, el número de trenes disminuye considerablemente, con apenas 17 circulaciones diarias entre Santander y Torrelavega, y 18 en el sentido contrario. En este caso, el servicio comienza notablemente más tarde que entre semana, y finaliza a la misma hora que los días laborables. La gran mayoría de los trenes efectúan parada en todas las estaciones de su recorrido, habiendo apenas 1 ó 2 trenes rápidos, en función del sentido.

Origen			Destino		
Paradas	Estación	Salida	Estación	Llegada	Duración
▶	Santander	07:15	Torrelavega	07:49	00:34
▶	Santander	08:15	Torrelavega	08:49	00:34
▶	Santander	09:10	Torrelavega	09:36	00:26
▶	Santander	09:15	Torrelavega	09:49	00:34
▶	Santander	10:15	Torrelavega	10:49	00:34
▶	Santander	11:15	Torrelavega	11:49	00:34
▶	Santander	12:15	Torrelavega	12:49	00:34
▶	Santander	13:15	Torrelavega	13:49	00:34
▶	Santander	14:15	Torrelavega	14:49	00:34
▶	Santander	15:15	Torrelavega	15:49	00:34
▶	Santander	16:15	Torrelavega	16:49	00:34
▶	Santander	17:15	Torrelavega	17:49	00:34
▶	Santander	18:15	Torrelavega	18:49	00:34
▶	Santander	19:15	Torrelavega	19:49	00:34
▶	Santander	20:15	Torrelavega	20:49	00:34
▶	Santander	21:15	Torrelavega	21:49	00:34
▶	Santander	22:15	Torrelavega	22:49	00:34

Tabla 4: Circulaciones de pasajeros en el tramo Mogro-Mortera (fin de semana, sentido Santander-Torrelavega)

Origen			Destino		
Paradas	Estación	Salida	Estación	Llegada	Duración
▶	Torrelavega	08:08	Santander	08:40	00:34
▶	Torrelavega	09:08	Santander	09:40	00:34
▶	Torrelavega	10:08	Santander	10:40	00:34
▶	Torrelavega	11:08	Santander	11:40	00:34
▶	Torrelavega	12:08	Santander	12:40	00:34
▶	Torrelavega	13:03	Santander	13:33	00:30
▶	Torrelavega	13:22	Santander	13:56	00:34
▶	Torrelavega	14:08	Santander	14:40	00:34
▶	Torrelavega	15:08	Santander	15:40	00:34
▶	Torrelavega	16:08	Santander	16:40	00:34
▶	Torrelavega	17:08	Santander	17:40	00:34
▶	Torrelavega	18:08	Santander	18:40	00:34
▶	Torrelavega	19:08	Santander	19:40	00:34
▶	Torrelavega	20:25	Santander	20:59	00:34
▶	Torrelavega	21:25	Santander	21:59	00:34
▶	Torrelavega	22:08	Santander	22:40	00:34
▶	Torrelavega	23:08	Santander	23:34	00:28
▶	Torrelavega	23:11	Santander	23:45	00:34

Tabla 5: Circulaciones de pasajeros en el tramo Mogro-Mortera (fin de semana, sentido Torrelavega-Santander)

**ANEJO Nº4: ESTUDIO DE SOLUCIONES ATENDIENDO A
CRITERIOS DE RESILIENCIA, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES**

Índice

1. INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA	2
2. DATOS HIDRÁULICOS	4
2. 1. Elección de los períodos de retorno	4
2. 2. Cálculo de caudales y cotas de la lámina de agua	5
3. OPCIONES DE DISEÑO	8
3. 1. Alternativas de trazado	8
3. 1. 1. Trazado actual	8
3. 1. 2. Alternativa oeste	9
3. 1. 3. Alternativa este	10
3. 2. Opciones para cada trazado	12
3. 2. 1. Infraestructura de vía	12
3. 2. 2. Superestructura de vía	13
3. 2. 3. Resumen de opciones	16
4. EVALUACIÓN MULTICRITERIO	18
4. 1. Definición de criterios	18
4. 1. 1. Resiliencia frente a fenómenos naturales	18
4. 1. 1. 1. Evaluación resiliente	18
4. 1. 1. 2. Homogeneización de resultados	23
4. 1. 2. Coste económico	25
4. 1. 2. 1. Evaluación económica	25
4. 1. 2. 2. Homogeneización de resultados	28
4. 1. 3. Impacto ambiental	29
4. 1. 3. 1. Evaluación ambiental	29
4. 1. 3. 2. Homogeneización de resultados	34
4. 2. Determinación de la mejor solución	35
4. 2. 1. Proceso Analítico Jerárquico	35
4. 2. 2. Aplicación del método	38
4. 2. 2. 1. Definición de las preferencias de los criterios	38
4. 2. 2. 2. Definición de las preferencias de las alternativas	39
4. 2. 2. 3. Definición de las preferencias globales de las alternativas y resultado final	43
Referencias	44

1. INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA

Previo al diseño de la renovación de la infraestructura, se ha evaluado la idoneidad de las alternativas posibles para el subtramo Mogro-Río Pas, con el fin de escoger la más adecuada con respecto al conjunto de variables que se han considerado.

En primer lugar, se han determinado los **períodos de retorno** que mejor se ajustan a las características hidrológicas, a la problemática descrita en el Anejo nº1, y a la normativa de drenaje vigente. A continuación, se han obtenido los **caudales máximos** circulantes en el río Pas y las cotas de **la lámina del agua** en el mismo para dichos períodos de retorno. Estos parámetros son necesarios para el dimensionamiento de la nueva infraestructura.

Seguidamente, se han propuesto las **alternativas de trazado** que se han estimado oportunas y aptas como posibles soluciones a los inconvenientes actuales. La infraestructura de dichas alternativas puede ser de dos tipos: bien de **tipo terraplén**, elevando la plataforma ferroviaria hasta una altura suficiente que pueda evitar las inundaciones, e incorporando elementos de drenaje para evacuar el caudal del río en avenida; o bien de **tipo estructura** elevada mediante pilas, independizando en buena medida la línea férrea del comportamiento del río. En lo que respecta a la superestructura, se ha estudiado la posibilidad de instalar **vía sobre balasto o vía en placa**.

Para cada uno de los casos, se han valorado una serie de variables. Por un lado, se ha evaluado su comportamiento frente a los posibles eventos de inundación -considerando también las capacidades resilientes que puedan permitir una reparación autónoma de la infraestructura-provocados por el desbordamiento del Pas, así como la factibilidad de su hipotética construcción. Por otro lado, se estimará el coste económico aproximado, así como el impacto ambiental de las soluciones.

Posteriormente, se han establecido los diferentes pesos que se han asignado a cada uno de los criterios de selección, tanto cuantitativos (el coste económico, entre otros) como cualitativos (la evaluación del impacto ambiental, por ejemplo), tras llevar a cabo una homogeneización que permita realizar una comparación apropiada de los mismos. Se ha empleado para determinar la solución más adecuada para el subtramo Mogro-Río Pas la metodología de decisión multicriterio desarrollada por Thomas L. Saaty.

Una vez realizado todo este proceso, se profundiza en los detalles de la solución adoptada para dicho subtramo, así como en la renovación de los elementos de la superestructura del subtramo que une la estación de Mortera con el río Pas.

En la Figura 1 se describe brevemente la metodología seguida de forma esquemática, paso por paso, para llegar al diseño de la solución más apropiada.

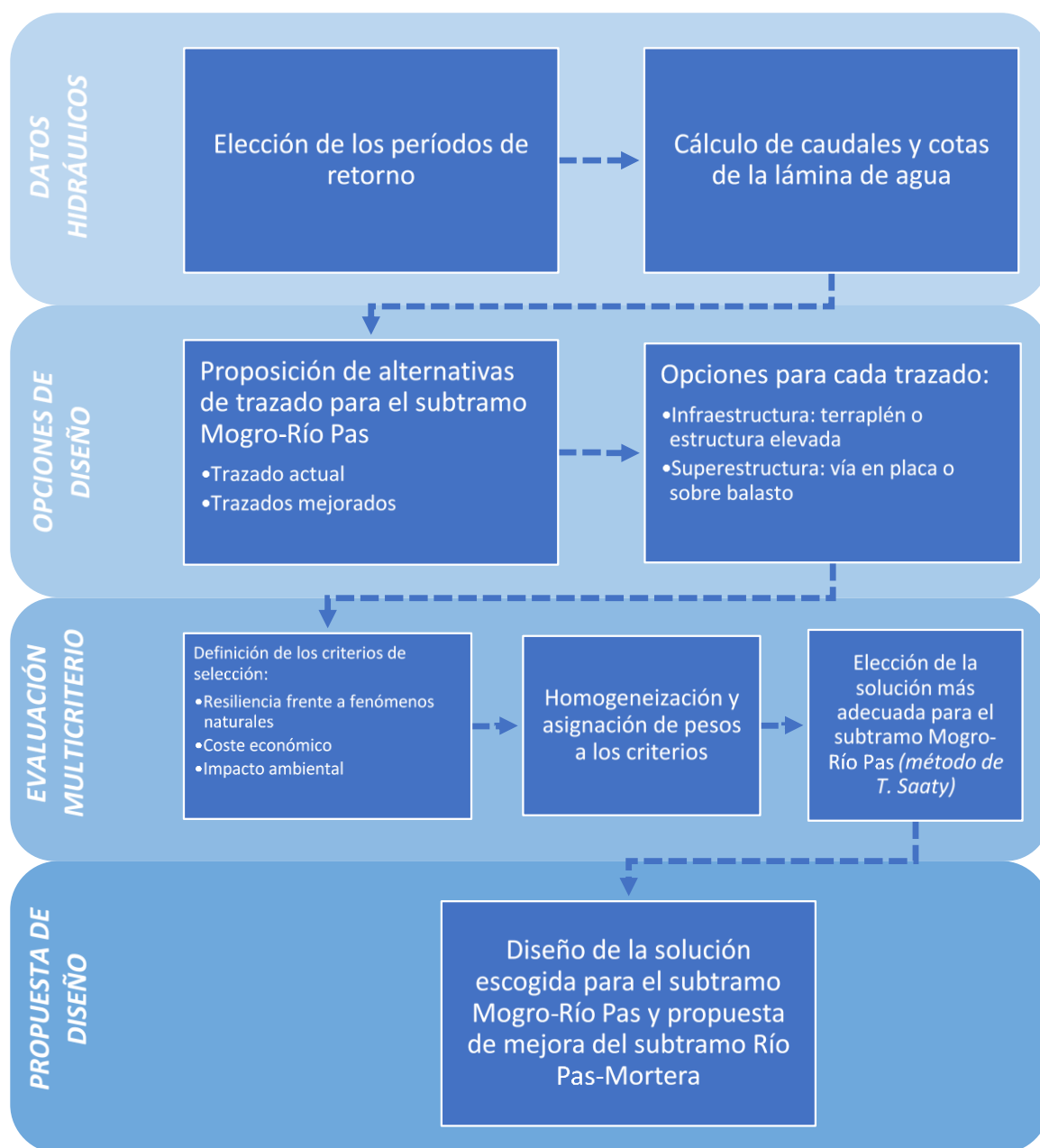


Figura 1: Esquema de la metodología seguida

2. DATOS HIDRÁULICOS

2. 1. Elección de los períodos de retorno

A fin de llevar a cabo el rediseño de la línea férrea existente, es esencial escoger correctamente los períodos de retorno que se van a considerar. Si se escoge un período de retorno demasiado corto, es probable que la infraestructura no desempeñe sus funciones correctamente, y falle antes de lo deseable. En cambio, si se toma un período de retorno demasiado largo, ésta se vería sobredimensionada, invirtiendo recursos no necesarios en equipamientos posiblemente superfluos.

Tal y como se ha indicado previamente, se han definido dos secciones diferenciadas: la primera, desde la estación de Mogro hasta la intersección de la línea de ferrocarril con el río Pas -a unos 400 metros de la entrada, lado Santander, de dicha estación-, y la segunda, desde la intersección con el río Pas hasta la estación de Mortera.

Para el primer caso, es relevante mencionar que en el estudio *Análisis hidrológico del río Pas en el entorno de la estación de Mogro* (Merino Martínez, 2021) se ha evaluado el comportamiento del río en la intersección con la línea férrea Oviedo-Santander para períodos de retorno de 50, 100, 300 y 500 años. En todos los casos, se ha hecho tanto para la situación actual como para la futura (2041-2070), en la que se incluyen los potenciales efectos del cambio climático. Se ha observado que los resultados guardan una similitud apreciable a pares: por un lado, a 50 y 100 años; por el otro, a 300 y 500 años. Se ha escogido diseñar las diferentes alternativas -plataforma en terraplén o estructura sobre pilas- a 100 y 500 años -incluyendo el efecto del cambio climático- por los siguientes motivos:

- Se reduce así el número de alternativas, en lo que se refiere a períodos de retorno, de ocho a cuatro, excluyendo de cada par de períodos de retorno el más favorable.
- La zona de interés se incluye dentro del riesgo medio de inundación de zonas costeras (T=100 años) (Confederación Hidrográfica del Cantábrico , 2016).
- Se ha considerado que un período de retorno de 100 años podría ser suficiente para hacer frente a las inundaciones catastróficas, ya que el patrón observado sugiere que tienen lugar hasta 3 veces en este tiempo. Esto hace que su período de retorno sea notablemente menor, y que 100 años de período de retorno puedan suponer un margen de seguridad razonable. Para reforzar esta hipótesis, el valor de precipitación a 100 años que se toma en el estudio de referencia (171,87 mm en 24 horas), es claramente superior a todos los registros de la serie 1924-2020. Esta información se describe con mayor nivel de detalle en el Anejo de Climatología.
- Un período de retorno de 500 años no solo podría proporcionar resistencia suficiente a las inundaciones, sino que también cumpliría holgadamente todas las exigencias generales de drenaje de la norma de ADIF (ADIF, Comité de Normativa, 2020).
- Tomando los valores que incluyen el efecto del cambio climático, el diseño mantiene su validez en el futuro.

Para el segundo caso, en el que los problemas provocados por inundaciones no son destacables, simplemente se aplicarán las recomendaciones de la normativa de drenaje de ADIF directamente, llevando a cabo un diseño de drenaje normal. Por tanto, se tomarán los períodos de retorno que la norma indique para cada elemento concreto.

2. 2. Cálculo de caudales y cotas de la lámina de agua

Se van a emplear, como caudales y cotas de la lámina de agua para el rediseño del subtramo Mogro-Río Pas, los caudales máximos circulantes por el Pas y cotas de la superficie libre correspondientes a éstos, para los períodos de retorno definidos en el apartado anterior. Estos parámetros se han obtenido en el estudio hidrológico de referencia *Análisis hidrológico del río Pas en el entorno de la estación de Mogro* (Merino Martínez, 2021). A fin de caracterizar la respuesta hidrológica del río Pas, utiliza un modelo de su cuenca en HEC-HMS, que se ha empleado para computar los caudales máximos circulantes en la actualidad y en el futuro. Las cotas de la superficie libre del agua, así como otros datos como la distribución de velocidades y caudales en la ubicación de interés, se han obtenido gracias a un modelo en HEC-RAS. En la Figura 2 se muestra el modelo digital del terreno de la zona de la llanura inundable del río Pas, incluyendo las secciones transversales del río que ha utilizado el modelo del programa HEC-RAS, así como el trazado actual de la línea de ferrocarril Oviedo-Santander (línea de color gris claro).

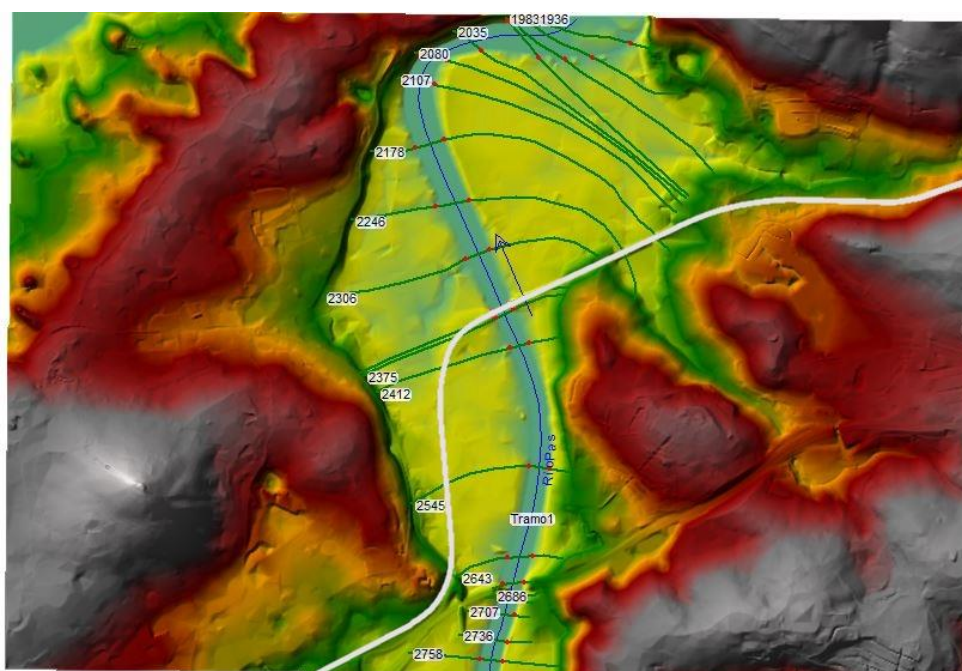


Figura 2: MDT de la llanura inundable, secciones del río y línea Oviedo-Santander

Los valores de los caudales máximos destacan por elevados, pero esto se debe a que son los que el cauce entero del río -que en circunstancias normales puede ser de unos 100 metros de ancho, y en las crecidas puede llegar a cuadruplicar esa cifra- transporta durante los episodios de avenida. En la Tabla 1 se incluyen los caudales máximos y las cotas de la lámina del agua para los períodos de retorno de 100 y 500 años, incluyendo los efectos del cambio climático (Merino Martínez, 2021). Las cotas de la superficie libre están expresadas en metros sobre el nivel del mar. Se incluye la Figura 3 a modo de guía y explicación de las variables que se incluyen en las tablas de este apartado.

Parámetros en la sección 2375 (aguas arriba del puente de la línea de ferrocarril)		
Período de retorno	$Q_{\text{máx}}$ (m ³ /s)	Cota de la superficie del agua (m)
100 años	597,6	3,54
500 años	801,7	3,86

Tabla 1: Parámetros hidráulicos en la sección aguas arriba del puente de la línea férrea (Merino Martínez, 2021)

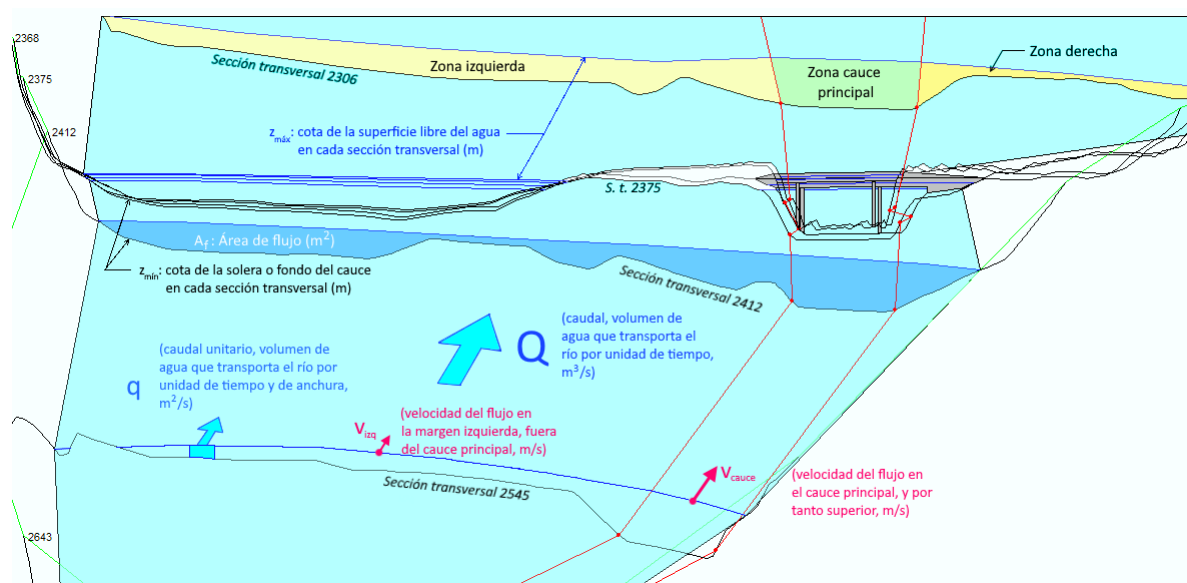


Figura 3: Descripción de variables hidráulicas mostradas sobre el cauce del Pas

La altura de la lámina de agua experimenta variaciones moderadas, no demasiado exageradas, si nos desplazamos a otros puntos de la lámina de agua. Por poner un ejemplo, al desplazarnos unos 600 metros aguas arriba del puente, hasta la sección 2545, aumenta en unos 27 centímetros en el análisis a 100 años, y en 31 centímetros en el caso de 500 años de período de retorno. Sí que se encuentran, sin embargo, mayores diferencias en la distribución de caudales. En la sección 2375, tan solo el 56,1% del caudal circula por el cauce principal en la avenida de 100 años de período de retorno. El resto fluye sobre la llanura inundable, sobrepasando los márgenes: izquierda (43,1%) y derecha (0,8%). En el caso de la avenida de 500 años de período de retorno, el 52,6% del caudal circula por el cauce principal, el 46,2% por la llanura en su margen izquierda, y el 1,2% restante por la derecha (Merino Martínez, 2021). En la Tabla 2 se recogen las distribuciones de caudales, velocidades del flujo y áreas del flujo (área de la sección transversal del cauce por la que circula agua) en la sección 2375. La Tabla 3 incluye las cotas de la superficie libre del río Pas en las secciones aguas arriba del puente.

Distribución de variables en la sección 2375									
T (años)	Izquierda			Canal/cauce principal			Derecha		
	Q (m³/s)	V _f (m/s)	A _f (m²)	Q (m³/s)	V _f (m/s)	A _f (m²)	Q (m³/s)	V _f (m/s)	A _f (m²)
100	257,61	0,53	487,65	335,29	1,33	252,47	4,40	0,25	17,59
500	369,62	0,63	587,60	421,20	1,53	275,77	9,98	0,34	29,45

Tabla 2: Distribución de variables en la sección 2375 (Merino Martínez, 2021)

Cotas de la lámina de agua			
Sección	Distancia aguas arriba del puente (m)	Z _{máx} (m)	
		T=100 años	T=500 años
2375	24,2	3,54	3,86
2412	146,1	3,62	3,96
2545	582,6	3,81	4,17

Tabla 3: Cotas de la lámina de agua aguas arriba del puente (Merino Martínez, 2021)

La cota de la nueva infraestructura deberá ser mayor que las cotas máximas de la lámina de agua durante las avenidas, con un margen de seguridad suficiente que asegure la funcionalidad de la línea ferroviaria. Los hipotéticos elementos de drenaje se deben diseñar para el caudal que cada uno de ellos deberá ser capaz de conducir. Para ello, se ha calculado el caudal por metro (de ancho) de canal para la situación más desfavorable en cada sección: **se toma la mayor altura de agua** (la diferencia entre la cota de la superficie libre y la menor cota de la solera) y, multiplicándola por la velocidad máxima del flujo en esa parte del río, se obtiene el **caudal unitario más desfavorable**. Este proceso se realiza para las partes *izquierda* y *cauce principal* del río, debido a la propia geometría del canal, que hace que la zona situada en la margen derecha aguas arriba del puente sea demasiado pequeña para ser considerada, tal y como se puede observar en la Tabla 2. En las Tablas 4 y 5 se recogen los caudales unitarios para las secciones aguas arriba del puente. Los datos en detalle de cotas de la solera y velocidades en cada parte de las diferentes secciones han sido extraídos del modelo de HEC-RAS empleado en el estudio de referencia (Merino Martínez, 2021).

Caudales unitarios, T=100 años								
Sección	Izquierda				Canal/cauce principal			
	$z_{\text{máx}}$ (m)	$z_{\text{mín}}$ (m)	v (m/s)	q (m ² /s)	$z_{\text{máx}}$ (m)	$z_{\text{mín}}$ (m)	v (m/s)	q (m ² /s)
2375	3,54	1,26	0,53	1,21	3,54	-0,03	1,33	4,75
2412	3,62	1,00	0,42	1,10	3,62	-0,03	1,19	4,34
2545	3,81	2,65	0,42	0,487	3,81	-0,03	1,64	6,30

Tabla 4: Caudales unitarios a 100 años

Caudales unitarios, T=500 años								
Sección	Izquierda				Canal/cauce principal			
	$z_{\text{máx}}$ (m)	$z_{\text{mín}}$ (m)	v (m/s)	q (m ² /s)	$z_{\text{máx}}$ (m)	$z_{\text{mín}}$ (m)	v (m/s)	q (m ² /s)
2375	3,54	1,26	0,63	1,44	3,86	-0,03	1,53	5,95
2412	3,62	1,00	0,50	1,31	3,96	-0,03	1,32	5,27
2545	3,81	2,65	0,54	0,626	4,17	-0,03	1,81	7,60

Tabla 5: Caudales unitarios a 500 años

3. OPCIONES DE DISEÑO

3. 1. Alternativas de trazado

Como se ha mencionado en apartados anteriores, una de las motivaciones del presente Anteproyecto es permitir una mejora en la fiabilidad del servicio ferroviario, dada por un aumento en las velocidades de circulación de los trenes en este tramo. La necesidad de crear una plataforma -de tipo terraplén o estructura sobre pilas- totalmente nueva en el subtramo Mogro-Río Pas permite modificar el trazado existente, adecuándolo a las necesidades de un transporte ferroviario más eficiente y moderno. El tramo Mogro-Mortera es de vía doble electrificada en toda su longitud, por lo que dichas características deben mantenerse en la nueva configuración. El énfasis de la modificación del trazado se pone en el subtramo Mogro-Río Pas, no solo por la libertad que proporciona el hecho de tener que reconstruirlo por completo, sino también porque en él se ubican las características geométricas más restrictivas, teniendo las curvas de entrada a la estación de Mogro unos radios especialmente reducidos. Se han propuesto tres alternativas de trazado, que se muestran a continuación en la Figura 4 y con más detalle en los siguientes apartados. Todas ellas comienzan en el P.K. 517,4 -al este del río- y finalizan en el P.K. 516,2 -al oeste del río-.

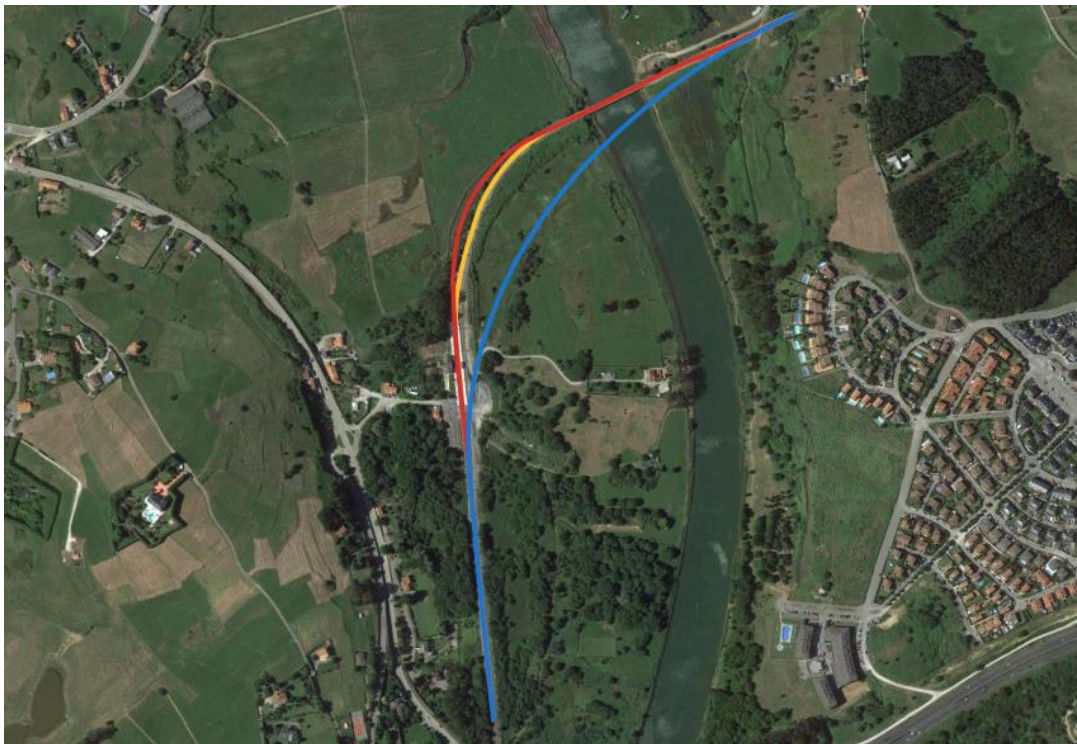


Figura 4: Vista general de las alternativas de trazado

3. 1. 1. Trazado actual

La primera alternativa consistiría en **preservar el trazado** de la línea ferroviaria actual en este subtramo, construyendo la nueva infraestructura en el mismo eje que la que se encuentra en servicio. Circulando en dirección Santander-Oviedo, la línea transcurriría -y transcurre- siguiendo una trayectoria recta en dirección suroeste antes de y durante el cruce con el río Pas. Una vez atravesado el puente sobre el río, se suceden dos curvas hacia la izquierda hasta llegar a la entrada de la estación de Mogro, desde la que se recupera la alineación recta, en dirección sur.

En esta opción se podría conservar tanto el actual puente sobre el río Pas como la configuración en planta de la estación de Mogro, realizándose únicamente variaciones en alzado debido a la nueva cota de la infraestructura. En la Figura 5 se muestra la vista en planta de la alternativa de trazado actual, resaltada con una línea amarilla. La longitud aproximada de esta alternativa sería de **1280 metros**.



Figura 5: Vista aérea de la alternativa trazado actual

3. 1. 2. Alternativa oeste

La segunda opción consistiría en realizar una **modificación en el trazado** actual en la zona comprendida entre el puente sobre el río Pas y la entrada lado Santander a la estación de Mogro. El objetivo sería transformar las dos alineaciones curvas sucesivas que existen en la actualidad en una sola modificando el **radio de curvatura**, dotando así a la infraestructura de una mayor continuidad y una velocidad de circulación más elevada.

Circulando en dirección Santander-Oviedo, la línea transcurriría, al igual que en la alternativa anterior, siguiendo una trayectoria recta en dirección suroeste antes de y durante el cruce con el río Pas. Una vez atravesado el puente sobre el río, se ubicaría una sola alineación curva hacia la izquierda, dando paso de nuevo a una alineación recta en dirección sur al entrar en la estación de Mogro.

En esta opción también se podría conservar el actual puente sobre el río Pas. La configuración en planta de la estación de Mogro se vería modificada en la entrada lado Santander, ya que en la actualidad se encuentra dentro de una de las dos alineaciones curvas mencionadas, que deberán ser sustituidas por otra de mayor radio. Asimismo, se deberán realizar las variaciones en alzado pertinentes, debidas a la nueva cota de la infraestructura. En la Figura 6 se muestra la vista en planta de la alternativa oeste, resaltada con una línea roja. La longitud aproximada de esta alternativa sería de **1295 metros**.



Figura 6: Vista aérea de la alternativa oeste

3. 1. 3. Alternativa este

La tercera opción consistiría en realizar una **modificación en el trazado** actual comenzando en la alineación recta previa al puente sobre el río Pas (margen derecha del río, lado Santander) y finalizando en la entrada lado Oviedo a la estación de Mogro. El objetivo sería **incrementar notablemente el radio de curvatura** con respecto a los de las alineaciones curvas existentes hoy día, permitiendo a los trenes circular a velocidades notablemente más altas que las actuales.

Circulando en dirección Santander-Oviedo, la línea tomaría -antes del puente sobre el Pas- una primera alineación curva que daría lugar a una pequeña desviación hacia la izquierda con respecto a la vía actual. Para efectuar el cruce sobre el río, no se aprovecharía el puente actual: **se utilizaría la nueva estructura** en el caso de escogerse la opción de estructura sobre pilas, o se construiría un nuevo puente en el caso de tomarse la opción de plataforma en terraplén. Tras cruzar el Pas, se sucede una nueva alineación curva hacia la izquierda que se prolongaría hasta la entrada lado Oviedo de la estación de Mogro, desde la que se retoma la alineación recta en dirección sur.

Esta opción necesitaría, como se ha anotado, de una **nueva estructura para cruzar el río Pas**. La configuración en planta de la estación de Mogro se vería integralmente modificada. La zona de andenes se podría mantener al norte del paso a nivel próximo a la estación, como en la actualidad, o podría trasladarse al sur de éste, en la zona en la que se conserva el trazado actual. En el primer caso, se trataría de una estación con andenes en curva; en el segundo, serían andenes en alineación de vía recta. Al igual que en las opciones anteriores, se deberán realizar las variaciones en alzado pertinentes, debidas a la nueva cota de la infraestructura. En la Figura 7 se muestra la vista en planta de la alternativa este, resaltada con una línea azul. La longitud aproximada de esta alternativa sería de **1155 metros**.



Figura 7: Vista aérea de la alternativa este

Tal y como se ha indicado, se necesitaría una nueva estructura para cruzar el río Pas, por lo que se debe consultar la normativa vigente relativa a la construcción de nuevas infraestructuras en masas de agua y la alteración física de las mismas. La planificación hidrológica vigente en la demarcación hidrográfica del Cantábrico Occidental (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2016) establece que las nuevas modificaciones o alteraciones deberán cumplir las condiciones establecidas en el artículo 39.2 del Reglamento de Planificación Hidrológica. Éste establece que, para admitir modificaciones o alteraciones, deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- a) Que se adopten todas las medidas factibles para paliar los efectos adversos en el estado de la masa de agua.
- b) Que los motivos de las modificaciones o alteraciones se consignen y expliquen específicamente en el plan hidrológico.
- c) Que los motivos de las modificaciones o alteraciones sean de interés público superior y que los beneficios para el medio ambiente y la sociedad que supone el logro de los objetivos medioambientales se vean compensados por los beneficios de las nuevas modificaciones o alteraciones para la salud pública, el mantenimiento de la seguridad humana o el desarrollo sostenible.
- d) Que los beneficios obtenidos con dichas modificaciones o alteraciones de la masa de agua no puedan conseguirse, por motivos de viabilidad técnica o de costes desproporcionados, por otros medios que constituyan una opción medioambiental significativamente mejor.

En caso de resultar seleccionada la alternativa este, previo a su ejecución, se deberán realizar las justificaciones oportunas, de acuerdo con las condiciones establecidas por la normativa. En el resto de los casos esto no será necesario, ya que no requieren de ninguna alteración o modificación del cauce del río Pas.

3. 2. Opciones para cada trazado

La vía ferroviaria se puede dividir en dos partes: la infraestructura de vía y la superestructura de vía. La infraestructura de vía es el terreno base sobre el que se asienta la vía, formado por las obras de defensa -muros de contención, drenajes, saneamientos, etc.- y de fábrica -puentes, viaductos, túneles, etc.- que se requieren para construir la plataforma sobre la que se apoya la superestructura de vía. La superestructura de vía abarca la vía propiamente dicha y el conjunto de elementos -el carril, las traviesas, los aparatos de vía, el balasto, la placa, etc.- que permiten que los trenes puedan circular en condiciones de eficacia y seguridad (ADIF, 2007). En este apartado se describen las diferentes opciones que se contemplan tanto para la infraestructura como la superestructura de la nueva vía ferroviaria, en el subtramo Mogro-Río Pas.

3. 2. 1. Infraestructura de vía

Se han contemplado dos posibles soluciones para la infraestructura de vía en este subtramo, que son las siguientes:

- Opción **terraplén**: consistiría en construir una plataforma a partir de un macizo de tierra, compuesta, de menor a mayor altura, por el cimiento, el núcleo y la coronación (o capa de forma). Se emplearía el material necesario para alcanzar una cota que asegure una protección suficiente contra futuras inundaciones, dejando un resguardo holgado con la lámina de agua. Para efectuar el cruce sobre el río Pas, se emplearía el puente existente (en las alternativas de trazado actual y oeste) o se habría de construir uno nuevo (en la alternativa este). Esta solución deberá incluir los elementos de drenaje que permitan evacuar el caudal de avenida que circule sobre la llanura inundable durante los eventos extremos.
- Opción **estructura**: consistiría en construir una estructura elevada con respecto a la superficie de la llanura inundable mediante pilas, que se cimentarían teniendo en cuenta la naturaleza geotécnica particular de estos terrenos aluviales. La altura de la estructura vendrá dada también por las cotas de inundación, añadiendo el resguardo de seguridad pertinente. Para efectuar el cruce sobre el río Pas, se podría conservar el puente actual (en las alternativas de trazado actual y oeste), o aprovechar la nueva estructura elevada también para cruzar el río (en la alternativa este, o en los demás casos en caso de no ser posible conservar el puente por cuestiones geométricas). Esta solución no necesitaría de componentes de drenaje, al “independizar” la infraestructura ferroviaria de la llanura inundable del río.

En el subtramo Río Pas-Mortera se conservará la infraestructura que existe en la actualidad, por lo que no procede el análisis de alternativas.

En las Figuras 8 y 9 se muestran ejemplos de secciones de la red de ADIF de ancho métrico en terraplén y en estructura elevada, que en este caso pertenecen a la línea de la Robla y a la línea Santander-Bilbao, respectivamente.



Figura 8: Infraestructura de tipo terraplén (Maté, 2015)



Figura 9: Infraestructura de tipo estructura elevada (Trains, 2018)

3. 2. 2. Superestructura de vía

Para la superestructura del subtramo Mogro-Río Pas también se han contemplado dos posibles soluciones, que son las siguientes:

- **Vía sobre balasto:** esta opción consiste en montar el carril y las traviesas sobre balasto, árido que aporta estabilidad al conjunto, constituyendo una base lo suficientemente estable para mantener la alineación y nivelación de la vía con un mínimo de mantenimiento (Beltrán Palomo, 2006). Además, el balasto amortigua las vibraciones provocadas por los trenes, distribuye las presiones al terreno, y cumple la función de drenar el agua que precipita sobre la vía. Se trata de la solución más habitual en la red ferroviaria española, especialmente cuando la vía discurre en superficie, y la que existe en la línea Oviedo-Santander en la actualidad. La vía sobre balasto está compuesta de los siguientes elementos (García Asón, 2018):

- Las capas de asiento:
 - Subbalasto: capa de áridos de exigencias técnicas menores que el balasto, que se coloca entre el balasto y la plataforma para proteger esta última).
 - Balasto: árido formado por piedra o roca machacada y cribada que debe cumplir una serie de características granulométricas y de calidad.
- Los elementos de la vía:
 - Carriles: perfil laminado de acero, de longitud normalizada, que se utiliza como elemento sustentador del material rodante, como dispositivo para guiado y como conductor de las corrientes eléctricas.
 - Traviesas: elementos situados en dirección transversal al eje de la vía, sobre los que se colocan los carriles. Constituyen, a través de la sujeción, el nexo entre el carril y el balasto.
 - Placas de asiento: elemento que sirve de enlace entre carril y traviesa.
 - Sujeciones: elementos que fijan el carril, asegurando una posición estable de este sobre las traviesas.
 - Aparatos de vía: dispositivos necesarios para asegurar la continuidad de la vía en conexiones de trayectorias diversas, formados por combinaciones de desvíos y/o travesías.
 - Otros elementos: piquetes de vía, postes hectométricos, etc.

A continuación, se muestran algunas ventajas de esta técnica (Sañudo Ortega, 2020):

- Los costes de construcción y puesta en obra son menores.
- La reparación es más económica, rápida y fácil.
- La geometría durante el proceso constructivo es menos restrictiva.
- La instrumentación requerida no exige un nivel de sofisticación demasiado alto.

En la Figura 10 se muestra un ejemplo de tramo con vía sobre balasto de la red de ADIF de ancho métrico, en el tramo gallego de la línea Ferrol-Gijón.



Figura 10: Vía sobre balasto (Manso, 2019)

- **Vía en placa:** en este caso, la vía se monta sobre una placa rígida de hormigón o asfalto, pudiendo apoyarse el carril en ésta de forma continua -sistemas de carril embebido o con sujeción por el alma- o discreta (apoyos puntuales) -sistemas como el RHEDA, ATD, o STEDEF- (Sañudo Ortega, 2020). Esta técnica nace con la búsqueda de una vía de mayor calidad, sin los inconvenientes propios de la vía sobre balasto, que mantenga la geometría constante en el tiempo. En España, en el momento actual, se limita su uso principalmente a estaciones, túneles, viaductos, y trazados urbanos, salvo contadas excepciones, debido a su mayor coste de construcción. La vía en placa está formada, generalmente, por los siguientes elementos:
 - Las placas:
 - Placa principal: se sitúa sobre la placa base, y es donde se fija el carril o las traviesas, en función del método. El material debe ser de buena calidad y uniforme.
 - Placa base: se ubica sobre la plataforma, y sobre ella descansa la placa principal. El material de ésta suele ser de menor calidad, ya que su función principal es el reparto de las cargas sobre el terreno.
 - Los elementos de la vía:
 - Carriles.
 - Traviesas: en algunos tipos de vía en placa.
 - Sujeciones, elastómeros, y otros elementos.

En caso de adoptarse esta técnica, deberán establecerse los requerimientos en aspectos tales como la rigidez vertical de la vía, las condiciones de la placa base y la placa principal, y el drenaje de la plataforma, entre otros. El sistema de vía en placa seleccionado, a su vez, deberá cumplir los estándares de la administración ferroviaria (Cortina Ruiz, 2013). Algunas de las ventajas de la vía en placa son las siguientes (Sañudo Ortega, 2020):

- Los trabajos de conservación son mínimos, pudiendo así ahorrar en maquinaria.
- Soporta grandes cargas por eje.
- Se reducen los asientos localizados.
- El ancho de la explanación es más pequeño.

La Figura 11 muestra un ejemplo de vía en placa en la red de ADIF de ancho métrico, en la estación de Asunción-Universidad de León, en ese momento aún en obras.

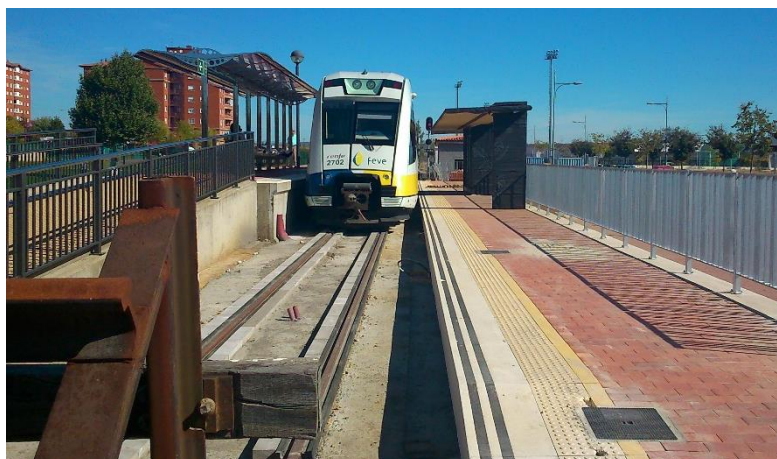


Figura 11: Vía en placa (Fruela, 2017)

3. 2. 3. Resumen de opciones

Una vez descritas todas las opciones posibles, se incluye en la Tabla 6 una recopilación de éstas, combinando las alternativas de períodos de retorno, de trazado, y de infraestructura y superestructura de vía. De este modo, se llega a un total de 24 combinaciones posibles para el subtramo Mogro-Río Pas.

Alternativa de trazado	Infraestructura	Superestructura	Período de retorno	Denominación
Actual	Terraplén	Vía sobre balasto	100 años	A1
			500 años	A2
		Vía en placa	100 años	A3
			500 años	A4
	Estructura	Vía sobre balasto	100 años	A5
			500 años	A6
		Vía en placa	100 años	A7
			500 años	A8
Oeste	Terraplén	Vía sobre balasto	100 años	O1
			500 años	O2
		Vía en placa	100 años	O3
			500 años	O4
	Estructura	Vía sobre balasto	100 años	O5
			500 años	O6
		Vía en placa	100 años	O7
			500 años	O8
Este	Terraplén	Vía sobre balasto	100 años	E1
			500 años	E2
		Vía en placa	100 años	E3
			500 años	E4
	Estructura	Vía sobre balasto	100 años	E5
			500 años	E6
		Vía en placa	100 años	E7
			500 años	E8

Tabla 6: Listado provisional de alternativas

Dado que se trata de una cantidad excesiva de alternativas, se ha realizado un cribado de éstas. En primer lugar, se han descartado las opciones que contaban con vía en placa en infraestructura de tipo terraplén. El principal factor a tener en cuenta a la hora de estimar la conveniencia de este tipo de vía sobre obras de tierra es la sensibilidad de la infraestructura a los asentamientos. Por este motivo, en zonas con elevado riesgo de deformación, se desaconseja la vía en placa sobre obras de tierra. En caso de decidirse instalar vía en placa sobre terraplén, se debe llevar a cabo un refuerzo del conjunto, siguiendo, entre otras, las siguientes técnicas (Ferreiro Casal, 2012):

- Columnas de grava o arena (inclusiones flexibles en el terreno con buen drenaje)
- Terraplén sobre pilotes (para conseguir la estabilización del suelo subyacente)
- Terraplén sobre geosintéticos y geotextiles (reducen desplazamientos y asentamientos)
- Compactación dinámica (densificación e incremento de la capacidad portante)
- Precarga de los áridos (generalmente por medio de un relleno de tierras que es retirado posteriormente)

Puesto que cualquiera de estos métodos supondría un claro aumento de la complejidad técnica y un sobrecoste económico considerable, se ha tomado la decisión final de descartar estas opciones.

En segundo lugar, debido a que la normativa de drenaje (ADIF, Comité de Normativa, 2020) exige un período de retorno de 500 años para estructuras sobre cauces importantes, se ha optado por rechazar aquellas alternativas con un período de retorno de 100 años, a pesar de que éste podría ser suficiente en una zona con las características climáticas de Cantabria, tal y como se muestra en el apartado 2.1.

Finalmente, quedan nueve alternativas de diseño para el subtramo Mogro-Río Pas, que se muestran en la Tabla 7, en la que los valores de longitudes mostrados son aproximados. En apartados sucesivos se procederá a escoger la alternativa más adecuada. De este punto en adelante, se denominarán las alternativas según la nomenclatura numérica que aparece entre paréntesis en la Tabla 7.

En el subtramo Río Pas-Mortera, se renovará la superestructura actual siguiendo el método de vía sobre balasto, al igual que la vía existente.

Denominación	Alternativa de trazado	Infraestructura	Superestructura	Período de retorno	Longitud
(1) A2	Actual	Terraplén	Vía sobre balasto	500 años	1280 m
(2) A6		Estructura	Vía en placa		
(3) A8			Vía sobre balasto		
(4) O2	Oeste	Terraplén	Vía sobre balasto		1295 m
(5) O6		Estructura	Vía en placa		
(6) O8			Vía sobre balasto		
(7) E2	Este	Terraplén	Vía sobre balasto		1155 m
(8) E6		Estructura	Vía en placa		
(9) E8			Vía sobre balasto		

Tabla 7: Listado definitivo de alternativas

4. EVALUACIÓN MULTICRITERIO

4. 1. Definición de criterios

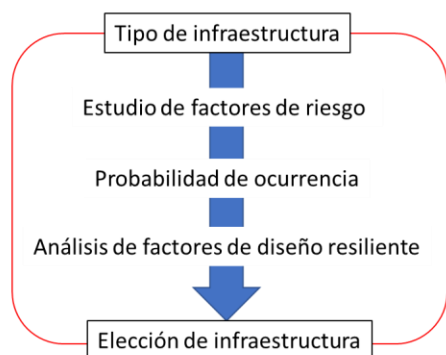
En este apartado se describen los criterios empleados para seleccionar la alternativa de diseño más adecuada para el subtramo Mogro-Río Pas. Se debe tener en cuenta que, en muchos casos, los datos e información empleados son aproximaciones, obtenidos en la mayor parte de los casos de la bibliografía, o a criterio propio y de los directores de este trabajo. Los criterios seguidos son los siguientes: **la resiliencia de la línea frente a fenómenos naturales, el coste económico y el impacto ambiental.**

4. 1. 1. Resiliencia frente a fenómenos naturales

Como se ha comentado en múltiples ocasiones, la zona por la que transcurre el subtramo Mogro-Río Pas se encuentra especialmente expuesta a una serie de agentes atmosféricos o desastres naturales. Por ello, es importante diseñar la infraestructura para evitar que se vea afectada por dichos fenómenos y, en caso de sufrir daños, sea capaz de adaptarse a ellos, recuperándose rápidamente. Aquellas opciones que presenten un mejor comportamiento resiliente obtendrán una mejor puntuación en el proceso de selección.

La Figura 12 muestra de manera resumida la metodología de la valoración de la resiliencia de las alternativas de diseño del subtramo.

RESUMEN METODOLOGÍA VALORACIÓN RESILIENCIA



Determinación del tipo de infraestructura (obra civil)

- Carretera, **ferrocarril**, obra marítima, obra fluvial, puerto, aeropuerto, etc..

Factores de riesgo

- Problemas derivados de fenómenos meteorológicos y del cambio climático (**inundaciones**)
- Otras catástrofes naturales

Probabilidad de ocurrencia

- Aparición o repetición del fenómeno
- Determinación de periodos de retorno
- Datos previos iniciales para el análisis resiliente

Análisis de factores de diseño resiliente

- Criterios en función del trazado
- Criterios en función de la resiliencia de la infraestructura
- Criterios en función de la resiliencia de la superestructura

Elección de infraestructura resiliente

En función del:

- Tipo de trazado, infraestructura y superestructura
- Probabilidad de ocurrencia/datos previos de entrada
- Diseño y elementos de refuerzo resilientes
- Otras características resilientes/elásticas

Figura 12: Resumen de la metodología de la valoración de la resiliencia

4. 1. 1. 1. Evaluación resiliente

La llanura inundable del río Pas, por la que discurre el subtramo a estudiar, se puede ver sometida a una serie de agentes atmosféricos y desastres naturales, con muy diferentes probabilidades de ocurrencia en el momento actual.

- **De tipo inundación:** estos eventos están provocados por la combinación de fuertes precipitaciones en la zona y en la cuenca vertiente del río Pas, las mareas astronómica y meteorológica, y la subida del nivel del mar provocada por el calentamiento global. En este grupo se ubican los eventos que provocan disrupciones en la línea más frecuentemente en el momento actual, de magnitud creciente con el período de retorno.
- **Otros fenómenos meteorológicos:** eventos asociados a temporales y grandes tormentas, tales como fuertes rachas de viento, descargas eléctricas, precipitaciones cuya consecuencia más notable no es el agua caída en sí (granizo, por ejemplo), etc. Las interrupciones del servicio derivadas de estos fenómenos no son habituales.
- **Otros desastres naturales:** tales como terremotos. Sin embargo, la comunidad autónoma de Cantabria no destaca por ser una zona de actividad sísmica importante. El terremoto más significativo registrado por el Instituto Geográfico Nacional tuvo lugar el 16 de octubre de 1938, en Valle de Carriedo, con una magnitud 4,9 en la escala de Richter. El seísmo más reciente registrado con epicentro en Cantabria tuvo lugar el 22 de marzo de 2018, en Castro-Urdiales, con magnitud 2,7 (Instituto Geográfico Nacional, s.f.).

Debido a que los fenómenos más habituales son los de inundación y temporales, el análisis desde el punto de vista de la resiliencia se va a centrar en los fenómenos de este tipo. Se realizará una evaluación en tres niveles diferentes: **alternativas de trazado, alternativas de infraestructura y alternativas de superestructura**. Aunque la elaboración de las variables analizadas y de las puntuaciones asignadas ha sido propia, se han tomado como referencia algunas de las variables y el sistema de calificaciones de uno de los documentos de la Asociación de Ingenieros Civiles de los Estados Unidos (ASCE) (Patel et al., 2020) en materia de resiliencia, aplicada en este caso a puentes. Bajo estas líneas se realiza, de forma resumida, una valoración del comportamiento de las diferentes alternativas en las variables analizadas para cada trazado, infraestructura y superestructura en el subtramo Mogro-Río Pas. Algunas de estas variables aparecen repetidas en diferentes niveles por ser aplicables de diferentes formas (como la capacidad resistente, que puede considerarse desde el punto de vista de la infraestructura y de la superestructura).

A continuación, se valoran las propiedades consideradas en cada **alternativa de trazado**:

- **Vulnerabilidad** (basada en la variable del documento de referencia de la ASCE “*Bridge vulnerability*”): se ha asociado esta propiedad con la **exposición de las zonas por las que discurre cada trazado a las inundaciones, y los posibles daños generados por éstas**. En el mapa de la Figura 13 se puede observar la profundidad que alcanza el agua en los eventos de inundación de 500 años de período de retorno. Las zonas sumergidas se encuentran en color azul, con mayor profundidad según nos movemos hacia tonos más oscuros. Es fácil observar que las menores profundidades se dan para el trazado actual (amarillo), ya que discurriría sobre terreno artificialmente elevado por la infraestructura existente. Tanto en el caso de la alternativa oeste (rojo) como la este (blanco), las profundidades implicadas serían mayores, llegando a superar los 2 metros en amplias zonas. Por tanto, la mejor alternativa en este sentido sería la alternativa actual.

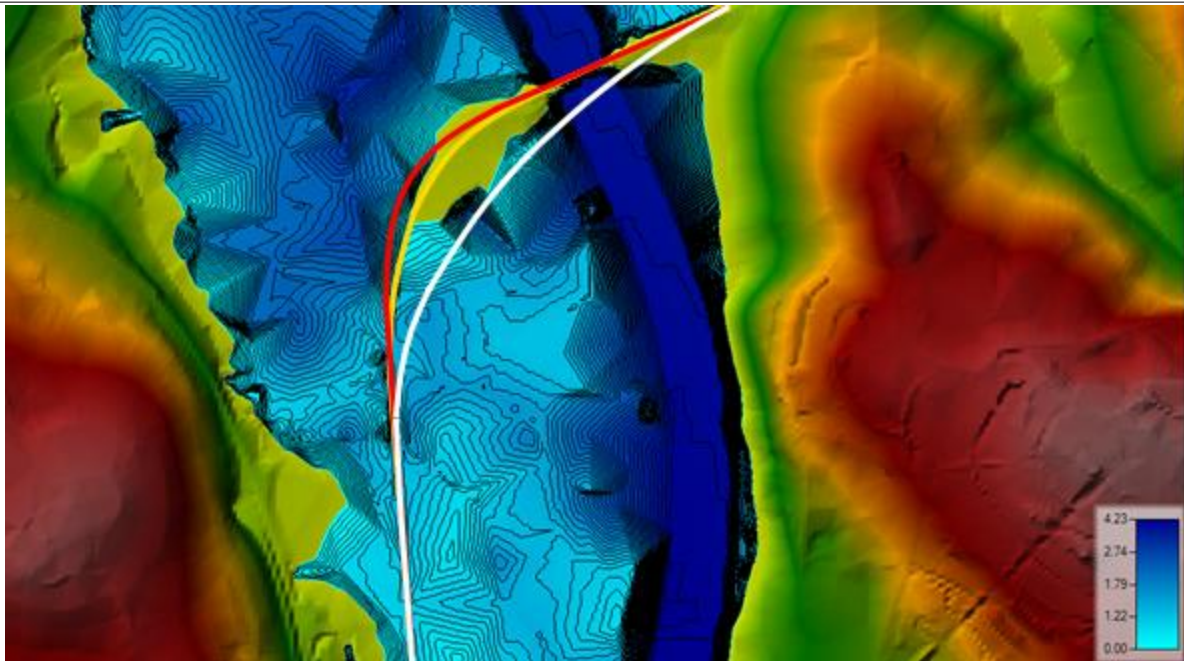


Figura 13: Mapa de profundidad de la columna de agua (T=500 años, leyenda en metros)

- **Efecto barrera:** otro aspecto que se ha considerado importante es el efecto barrera que podría generar la nueva traza ante las grandes avenidas del río Pas. En la Figura 13 se puede comprobar que el trazado este se va, en cierto modo, adaptando progresivamente al flujo, mientras que las demás alternativas cambian más repentinamente de dirección, situándose perpendicularmente al eje principal del río, pudiendo generar un cierto efecto de retención y embalse del agua circulante.
- **Área afectada (Area or region affected):** no hay grandes variaciones en este sentido. La longitud de las tres alternativas es similar, con menos de 100 metros de diferencia entre la más larga y la más corta.
- **Madurez (Maturity in planning and scheduling):** en este sentido, todos los aspectos relacionados con la alternativa actual posiblemente contarán con un grado de madurez y experiencia mayor que en las alternativas que implican cambios con respecto a la situación actual, desde las actividades de construcción a cuestiones operativas.
- **Integridad:** entendiendo por integridad la capacidad del nuevo trazado de constituir una unidad robusta, fuerte y consolidada entre los elementos que lo componen. Las alternativas oeste y actual aprovecharían, en la medida de lo posible, el cruce actual sobre el río, por lo que podría ser complicado conseguir una unión sólida entre la estructura actual y el nuevo terraplén o estructura, en función del tipo de infraestructura. Por otro lado, la alternativa este no utilizaría ningún elemento existente, por lo que presentaría un mejor comportamiento en este sentido.

En lo que respecta a las **alternativas de infraestructura:**

- **Capacidad resistente (Robustness):** esta es, sin duda, una de las variables más importantes a tener en cuenta. Una estructura que cuente con una cimentación adecuada al terreno en cuestión será más robusta y resistente que una plataforma formada por materiales granulares, que será más susceptible a fenómenos provocados por el medio acuático, tales como la erosión o la licuefacción. Estos modos de fallo

podrían verse atenuados por mecanismos como los mencionados en el apartado 3.2.3, pero estas técnicas incrementarían notablemente la complejidad técnica y el coste económico, por lo que no se contemplan como una opción factible en este caso.

- **Capacidad hidráulica:** en lo referente a la infraestructura, se entiende la capacidad hidráulica como la habilidad de ésta para permitir el paso de los caudales circulantes por el río Pas y su llanura inundable durante los eventos de crecida. En el caso de la alternativa terraplén, sería necesaria la instalación de múltiples obras de drenaje transversal, que no solo modificarían notablemente las características del flujo sobre la llanura inundable, sino que derivar caudales del orden de varios cientos de metros cúbicos por un número limitado de ODT plantearía importantes dificultades, especialmente en lo referente a la estabilidad del talud aguas arriba. Estos problemas no se darían en el caso de una estructura elevada sobre pilas, en la que la gran mayoría de la sección transversal al eje del río quedaría despejada, permitiendo la circulación de los caudales de avenida con relativa normalidad.
- **Dependencia del terreno actual:** este es un factor que debe mencionarse, ya que algunas de las alternativas utilizan, total o parcialmente, el trazado que sigue la línea en la actualidad. El suelo sobre el que se encuentra la vía actual se encuentra más consolidado y, por tanto, es más difícil que se produzcan asentamientos importantes o experimente cambios repentinos en sus características mecánicas. En las alternativas en terraplén, esto no será tan determinante, porque las cargas se encuentran distribuidas más uniformemente en el terreno. Sin embargo, en las alternativas en estructura, esta podría ser una variable destacable, porque toda la carga se concentra en áreas menores y concretas, debiéndose prestar especial atención al diseño y ejecución de las cimentaciones.
- **Elasticidad:** se entiende como elasticidad a la capacidad de un elemento de sufrir deformaciones y después volver a su estado inicial. Las alternativas en terraplén sufrirán con más facilidad deformaciones que, salvo mediante reparación, permanecerán en la infraestructura. Las alternativas en estructura podrán sufrir deformaciones moderadas, recuperando su estado previo una vez cese la carga que las ha motivado.
- **Facilidad de recuperación (*Restoration time*):** en caso de fallo total de la infraestructura, la reparación sería más costosa y duradera en el caso de una estructura sobre pilas, en el que posiblemente un fallo en una parte del trazado obligaría a reconstruir el viaducto completo. En el caso de un terraplén, puede que alguna de las capas pudiera reutilizarse, y puede que no fuera necesario reconstruir la plataforma en toda su extensión.
- **Respuesta ante emergencias (*Emergency Response Management*):** aquí se incluyen otro tipo de ayudas adicionales que pueden ser eficaces en caso de emergencia o peligro inminente. El desarrollo e investigación en este campo tienden a centrarse en los puentes y viaductos. En este ámbito, destacan todo tipo de sensores que sirven para monitorizar el estado estructural de puentes (Ahlborn et al., 2013) o para detener la circulación en caso de presentarse una amenaza, como un terremoto (Southgate et al., 2013). Ayudas de este tipo pueden servir para aumentar notablemente la resiliencia de estructuras y viaductos, mientras que no se han desarrollado tanto para plataformas estándar de tipo terraplén. Por otro lado, una infraestructura en terraplén permitiría un acceso más fácil a la vía en caso de emergencia.

Por último, en lo que se refiere a las alternativas de superestructura:

- **Capacidad resistente (*Robustness*):** en este caso, se refiere a la capacidad de la vía sobre balasto y la vía en placa para evitar el desmoronamiento o fallo debido bien a la acumulación de agua por precipitación intensa o bien a las cargas provocadas por el flujo de crecida del río (que actúan sobre la infraestructura y podrían transmitirse a la superestructura). En ambos casos, la vía en placa resulta más adecuada.
- **Capacidad hidráulica:** para la superestructura, se pone el foco en la capacidad de ésta de evacuar el agua que cae sobre ella, a fin de evitar grandes acumulaciones que puedan impedir el paso de las circulaciones con normalidad, y que puedan incrementar las cargas sobre la vía. El balasto, por su propia naturaleza granular, permite el flujo de agua entre sus partículas, de modo que es rápidamente evacuada. La vía en placa requiere de otros medios de drenaje para cumplir esta función, que pueden no cumplir su función por verse obstruidos o sobrepasados en su capacidad.
- **Necesidad de mantenimiento (*Inspection technique*):** la vía en placa requiere de un menor mantenimiento y goza de una mayor vida útil (hasta 50-60 años), mientras que la vía sobre balasto requiere mayor mantenimiento, con vidas útiles de hasta 30-40 años (aunque cuenta con métodos acreditados y mayor experiencia de mantenimiento).
- **Elasticidad:** al igual que la infraestructura, la superestructura también puede presentar diferentes cualidades elásticas. En este caso, la vía en placa es más rígida que la vía sobre balasto. La elasticidad viene proporcionada por elementos elásticos como pads situados bajo el carril, o suelas bajo las traviesas, que dotan a la vía sobre balasto de un mejor comportamiento elástico, a pesar de su potencialmente menor capacidad resistente.
- **Facilidad de recuperación (*Restoration time*):** la reparación de la vía en balasto es mucho más fácil y rápida que en el caso de la vía en placa, que implica cortes de la vía durante períodos de tiempo prolongados.
- **Disponibilidad de recursos:** debido a que la red de ADIF RAM es de vía sobre balasto en su práctica totalidad, la maquinaria para la construcción, mantenimiento y reparación existente es para este tipo de vía. En caso de escogerse la vía en placa, se necesitaría adquirir nuevos equipos para estas actividades.

Siguiendo el sistema de clasificación del documento de referencia de la ASCE, cada una de las alternativas se clasifica, para cada variable, según las categorías mostradas en la Tabla 8:

Código de colores
Excelente (<i>Excellent</i>)
Bueno (<i>Good</i>)
Aceptable (<i>Fair</i>)
Mejorable (<i>Poor</i>)
Severo (<i>Critical</i>)

Tabla 8: Código de colores para la evaluación resiliente

La valoración de las diferentes alternativas se muestra en las Tablas 9 a 11:

Valoración resiliente - Alternativas de trazado			
Variable	Trazado actual	Trazado oeste	Trazado este
Vulnerabilidad	BUENO	ACEPTABLE	ACEPTABLE
Efecto barrera	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO
Área afectada	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
Madurez	BUENO	ACEPTABLE	ACEPTABLE
Integridad	ACEPTABLE	ACEPTABLE	EXCELENTE

Tabla 9: Valoración resiliente de las alternativas de trazado

Valoración resiliente - Alternativas de infraestructura		
Variable	Terraplén	Estructura
Capacidad resistente	MEJORABLE	BUENO
Capacidad hidráulica	ACEPTABLE	EXCELENTE
Dependencia del terreno actual	BUENO	MEJORABLE
Elasticidad	ACEPTABLE	BUENO
Facilidad de recuperación	ACEPTABLE	MEJORABLE
Respuesta ante emergencias	BUENO	EXCELENTE

Tabla 10: Valoración resiliente de las alternativas de infraestructura

Valoración resiliente - Alternativas de superestructura		
Variable	Vía sobre balasto	Vía en placa
Capacidad resistente	ACEPTABLE	EXCELENTE
Capacidad hidráulica	BUENO	ACEPTABLE
Necesidad de mantenimiento	BUENO	EXCELENTE
Elasticidad	BUENO	ACEPTABLE
Facilidad de recuperación	BUENO	MEJORABLE
Disponibilidad de recursos	EXCELENTE	MEJORABLE

Tabla 11: Valoración resiliente de las alternativas de superestructura

4. 1. 1. 2. Homogeneización de resultados

Habiendo quedado definido el comportamiento resiliente estimado de las alternativas de manera cualitativa, se ha procedido a transformar los resultados cualitativos en cuantitativos, a fin de facilitar la comparación entre alternativas y de introducir los datos en la evaluación multicriterio final. La asignación de puntuaciones se ha realizado en función del comportamiento resiliente, de la siguiente forma: excelente (5 puntos), bueno (4 pts.), aceptable (3 pts.), mediocre (2 pts.) y severo (1 pts.). En la Tabla 12 se incluyen las puntuaciones en cada variable -con sus ponderaciones correspondientes- y totales, para las nueve alternativas finales de diseño. Las puntuaciones se calculan según la expresión 1:

$$R_x = \sum_{i=1}^n w_i \cdot r_{i,x} \quad (1)$$

donde R_x es la puntuación total de la alternativa x , w_i la ponderación de la variable i o categoría i , y $r_{i,x}$ la puntuación dada a la alternativa x para la variable i .

A fin de obtener un rango de puntuaciones semejante en los tres criterios, se han transformado los valores totales de la Tabla 12 para obtener un promedio próximo a los 50 puntos, lo cual se consigue mediante la expresión 2:

$$R'_x = R_x \cdot 0,55 \quad (2)$$

donde R'_x es la puntuación definitiva de la alternativa x , y R_x la puntuación total de la alternativa x obtenida en la Tabla 12. Finalmente, las puntuaciones empleadas para el análisis multicriterio son las recogidas en la Tabla 13.

Asignación de puntuaciones											
	Variable	Ponderación	Alternativa								
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
TRAZADO	Vulnerabilidad	2	4	4	4	3	3	3	3	3	3
	Efecto barrera	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4
	Área afectada	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Madurez	1	4	4	4	3	3	3	3	3	3
	Integridad	2	3	3	3	3	3	3	5	5	5
INFRAESTRUCTURA	Capacidad resistente (inf.)	2	2	4	4	2	4	4	2	4	4
	Capacidad hidráulica (inf.)	2	3	5	5	3	5	5	3	5	5
	Dependencia del terreno actual	1	4	2	2	4	2	2	4	2	2
	Elasticidad (inf.)	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Facilidad de recuperación (inf.)	1	3	2	2	3	2	2	3	2	2
	Respuesta ante emergencias	1	4	5	5	4	5	5	4	5	5
SUPERESTRUCTURA	Capacidad resistente (sup.)	2	3	3	5	3	3	5	3	3	5
	Capacidad hidráulica (sup.)	2	4	4	3	4	4	3	4	4	3
	Necesidad de mantenimiento	2	4	4	5	4	4	5	4	4	5
	Elasticidad (sup.)	1	4	4	3	4	4	3	4	4	3
	Facilidad de recuperación (sup.)	1	4	4	2	4	4	2	4	4	2
	Disponibilidad de recursos	1	5	5	2	5	5	2	5	5	2
TOTAL			86	92	90	83	89	87	89	95	93

Tabla 12: Asignación de puntuaciones de la evaluación resiliente

Valores cap. resiliente armonizados	
Alternativa	Puntuación resiliencia
(1) A2	47,30
(2) A6	50,60
(3) A8	49,50
(4) O2	45,65
(5) O6	48,95
(6) O8	47,85
(7) E2	48,95
(8) E6	52,25
(9) E8	51,15

Tabla 13: Valores de capacidad resiliente armonizados

4. 1. 2. Coste económico

Otro aspecto de gran relevancia es el económico. Para este criterio, solo se tendrá en cuenta el coste aproximado de las unidades de obra principales necesarias para la construcción de cada una de las alternativas, asumiendo que las variaciones en los costes debidas a otros elementos menores -tales como la señalización no luminosa, por ejemplo- son lo suficientemente pequeñas como para que no considerarlos no suponga una gran diferencia. Tampoco se han considerado, en este punto, los costes derivados de actividades tales como la demolición de la infraestructura existente, ya que son elementos comunes a todas las alternativas. Por tanto, **los costes que aparecen a continuación no se corresponden con el presupuesto final**, solo una estimación de determinadas partidas a fin de comparar las alternativas. Aquellas opciones que presenten un coste económico estimado menor tendrán mejor puntuación en el proceso de selección.

4. 1. 2. 1. Evaluación económica

Para las opciones que cuentan con infraestructura de tipo terraplén, se ha empleado como referencia para realizar las mediciones necesarias la sección tipo en vía doble de ancho métrico de ADIF (ADIF, 2021).

Se ha tomado como aproximación, como promedio para las mediciones en la plataforma, que la cota del terreno actual es constante de 1 metro sobre el nivel del mar (base de la plataforma), y el límite entre la capa de forma y el subbalasto se encuentra a una cota de 5,67 msnm, dejando 1,50 metros de resguardo con respecto de la cota máxima que alcanzaría la superficie del agua (4,17 msnm) según la Tabla 3. Se ha asumido una distancia entre postes de catenaria contiguos de 45 metros, con postes y ménsulas estándar, que podrían sustituirse llegado el caso por pórticos, en caso de estimarse oportuno.

Los precios de las unidades de obra para el terraplén, la capa de forma y el subbalasto se han estimado con los datos del módulo de obra civil de la base de precios de ADIF (Tabla 14) (ADIF, 2020). Se ha asumido que los áridos necesarios tendrían que ser transportados desde canteras o préstamos, y que se necesitan en volúmenes relevantes. Los precios del suministro y montaje de la vía sobre balasto y en placa, elementos de electrificación y señalización luminosa, aparatos de vía y la construcción de nuevos andenes y elementos principales de drenaje se ha extraído del estudio informativo para la reordenación de espacios en la estación de Santander (Tablas 15 y 16) (MITMA, 2018). El coste de la estructura se ha obtenido tomando como referencia el estudio informativo del corredor Cantábrico-Mediterráneo en su tramo Pamplona-Conexión Y Vasca, que proporciona precios de ejecución material por m² para diferentes tipologías estructurales (SENER, pág. 62) (Tabla 16). Dado que dichos precios se basan en estructuras pensadas para una línea de alta velocidad, se ha optado por aplicar un coeficiente de reducción, a fin de adaptarlos a las exigencias propias de una línea de ancho métrico. Los valores de las cargas transmitidas a las estructuras de líneas ferroviarias son habitualmente proporcionales a la velocidad de las circulaciones, o al cuadrado de ésta -como es el caso de la fuerza centrífuga o las acciones aerodinámicas producidas por el paso de los trenes-. Desde un planteamiento conservador, se ha obtenido el coeficiente de reducción considerando que la variación en el coste depende proporcionalmente de la velocidad. Se ha tomado 160 km/h como velocidad de diseño prevista en la línea de ancho métrico -este es un valor habitual en la red convencional española de ancho ibérico, muy por encima de las velocidades de la red de ADIF RAM- y

250 km/h en el caso de la línea de la base de datos de referencia -límite inferior de las velocidades consideradas de alta velocidad-.

$$\text{Precio ejecución material (L.A.V.)} = 800 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Precio ejecución material estimado (ancho métrico)} = 800 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \cdot \frac{160 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{250 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 512 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$$

En todos los precios empleados se consideran el transporte a obra, el propio material y su puesta en obra. Se calculan los costes para vía doble (la sección típica del subtramo Mogro-Río Pas).

En las Tablas 14, 15, 16 y 17 se incluyen los costes correspondientes a los materiales que se pueden considerar continuos a lo largo de la línea ferroviaria, mientras que en la Tabla 18 se incluyen los costes de aquellos elementos individuales que se distribuyen en diferentes puntos de la línea, pero no de forma continua.

COSTES ELEMENTOS CONTINUOS 1				
Concepto	Unidad	Precio (€/ud.)	Vía doble	
			Medición sección tipo	Precio por metro lineal
Subbalasto	m ³	30,00	3,150 m ²	94,50 €
Capa de forma	m ³	6,00	5,329 m ²	31,97 €
Plataforma	m ³	5,00	77,257 m ²	386,29 €

Tabla 14: Costes continuos por metro lineal 1

COSTES ELEMENTOS CONTINUOS 2			
Concepto	Unidad	Precio vía única (€/ud.)	Precio vía doble (€/ud.)
Vía sobre balasto de ancho métrico • Balasto, traviesas, carriles y montaje	m. l.	196,60 €	393,20 €
Vía en placa de ancho métrico • Placa, distribución, carriles y montaje	m. l.	450,00 €	900,00 €
Drenaje longitudinal entre vías	m. l.	-	91,00 €
Catenaria 150+2 hc 107 cielo abierto	m. l.	35,47 €	70,94 €

Tabla 15: Costes continuos por metro lineal 2

COSTES ELEMENTOS CONTINUOS 3				
Concepto	Sección	Ancho tipo (m)	Coste de ejecución material (€/m ²)	Precio (€/m.l.)
Estructura sobre pilas	Vía doble	11,50	512,00	5888,00

Tabla 16: Costes continuos por metro lineal 3

COSTES ELEMENTOS CONTINUOS TOTALES (€/ml)			
Concepto	Vía doble sobre balasto en terraplén	Vía doble sobre balasto en estructura	Vía doble en placa sobre estructura
Subbalasto	94,50	94,50	-
Capa de forma	31,97	31,97	-
Plataforma	386,29	-	-
Estructura sobre pilas	-	5888,00	5888,00
Vía sobre balasto	393,20	393,20	-
Vía en placa	-	-	900,00
Drenaje longitudinal	91,00	91,00	91,00
Catenaria	70,94	70,94	70,94
TOTAL	1067,90	6569,61	6949,94

Tabla 17: Costes elementos continuos totales por metro lineal de línea ferroviaria

COSTES ELEMENTOS DISCRETOS		
Concepto	Ud.	Precio (€/ud.)
Postes de electrificación	ud.	1947,13
<ul style="list-style-type: none"> Equipo ménsula en curva c2t. Trabajo nocturno con corte de tensión S y m poste z4a-p sobre placa de asiento horizontal y fijado por pernos, nocturno 		
Señales	ud.	119550,00
Escape de vía de ancho métrico	ud.	89042,46
Ejecución de andén en RAM con estructura base y pavimentación	m ²	340,00
Drenaje paso inferior	ud.	60000,00

Tabla 18: Costes de elementos discretos por unidad de medición

Se han estimado como necesarios, como mínimo, los siguientes elementos discretos:

- Dos postes de electrificación cada 45 metros.
- Cuatro señales, todas ellas para el entorno de la estación de Mogro (dos para cada salida de la misma, de las que corresponde una señal para cada vía).
- Cuatro escapes, dos a cada entrada de la estación de Mogro, para permitir la entrada y salida de la vía de apartado desde las dos vías directas.
- 800 m² de andén (dos andenes de 100 metros de largo y 4 metros de ancho).
- Cuatro pasos inferiores de drenaje para las alternativas en terraplén; ninguno para las alternativas en estructura.

Aplicando los costes de la Tabla 18 a la lista anterior, se obtienen los costes correspondientes a estos elementos discretos para cada alternativa, que se recogen en la Tabla 19. Cabe destacar que, pese a que la alternativa número 7 es de infraestructura tipo terraplén, requeriría de una nueva estructura para cruzar el río Pas, ya que dicho cruce se produce en un punto diferente al actual. Se ha asumido para este fin una estructura de vía doble con vía sobre balasto de 95 metros de longitud. En las alternativas en estructura, las zonas de transición con la infraestructura existente en los extremos del subtramo serán en terraplén, pero se considera la situación más desfavorable (toda la longitud del subtramo en estructura).

COSTES DE ELEMENTOS DISCRETOS EN CADA ALTERNATIVA							
Alt.	Long. (m)	Postes elec. (€)	Señales (€)	Escapes (€)	Andenes (€)	Drenaje p. i. (€)	Coste total (€)
(1) A2	1280	112933,54	478200,00	356169,84	272000,00	240000,00	1459303,38
(2) A6		112933,54	478200,00	356169,84	272000,00	0,00	1219303,38
(3) A8		112933,54	478200,00	356169,84	272000,00	0,00	1219303,38
(4) O2	1295	112933,54	478200,00	356169,84	272000,00	240000,00	1459303,38
(5) O6		112933,54	478200,00	356169,84	272000,00	0,00	1219303,38
(6) O8		112933,54	478200,00	356169,84	272000,00	0,00	1219303,38
(7) E2	1155	101250,76	478200,00	356169,84	272000,00	240000,00	1447620,60
(8) E6		101250,76	478200,00	356169,84	272000,00	0,00	1207620,60
(9) E8		101250,76	478200,00	356169,84	272000,00	0,00	1207620,60

Tabla 19: Cálculo de costes de elementos discretos en cada alternativa

Si se aplican los costes continuos por metro lineal de la Tabla 17 a las longitudes de cada alternativa, y se suman a éstos los obtenidos en la Tabla 19, se obtienen los costes totales aproximados para cada alternativa, que se incluyen a continuación en la Tabla 20.

COSTES TOTALES EN CADA ALTERNATIVA				
Alt.	Long. (m)	Costes continuos (€)	Coste elementos discretos (€)	Coste total (€)
(1) A2	1280	1366912,00	1459303,38	2826215,38
(2) A6		8409100,80	1219303,38	9628404,18
(3) A8		8895923,20	1219303,38	10115226,58
(4) O2	1295	1382930,50	1459303,38	2842233,88
(5) O6		8507644,95	1219303,38	9726948,33
(6) O8		9000172,30	1219303,38	10219475,68
(7) E2	1155	1756086,95	1447620,6	3203707,55
(8) E6		7587899,55	1207620,6	8795520,15
(9) E8		8027180,70	1207620,6	9234801,30

Tabla 20: Listado definitivo de alternativas

4. 1. 2. 2. Homogeneización de resultados

Una vez obtenida la estimación del coste total de cada una de las alternativas de diseño, se han homogeneizado los resultados. De esta manera, se pueden comparar desde el punto de vista económico de una forma más fácil y directa, y se podrán emplear directamente las cifras homogeneizadas en la fórmula del análisis multicriterio.

Se ha optado por transformar los resultados siguiendo la fórmula de la expresión 3. De esta forma, se consiguen unos valores similares del mismo orden de magnitud que en el resto de criterios (en este caso, un promedio de 47,5), se concede una mayor puntuación a las alternativas con un menor coste económico, y se armonizan los resultados, algo conveniente dada la incertidumbre de la estimación realizada.

$$C'_x = 100 - \sqrt[4]{C_x} \quad (3)$$

donde C'_x el coste armonizado de la alternativa x que se introducirá en la fórmula de la evaluación multicriterio, y C_x es el coste económico en euros estimado inicialmente para la alternativa x . La Tabla 21 recoge los valores armonizados obtenidos.

Valores económicos armonizados	
Alternativa	Puntuación económica
(1) A2	59,0
(2) A6	44,3
(3) A8	43,6
(4) O2	58,9
(5) O6	44,2
(6) O8	43,5
(7) E2	57,7
(8) E6	45,5
(9) E8	44,9

Tabla 21: Valores económicos armonizados

4. 1. 3. Impacto ambiental

El tercer criterio a tener en cuenta es el impacto ambiental que la futura infraestructura pudiera tener sobre el medio natural existente. Todas las opciones afectarán de diferentes formas al medio ambiente, en mayor o menor grado, y esta afección podría depender de aspectos como los terrenos atravesados por el nuevo trazado, el método constructivo seguido, o la relación entre la nueva infraestructura y el río Pas. A las opciones que manifiesten un impacto ambiental estimado menos nocivo se les otorgará una mejor puntuación en el proceso selectivo.

4. 1. 3. 1. Evaluación ambiental

Todas las alternativas comprenden trazados ferroviarios en superficie o por encima de ésta, sin tramos subterráneos, siendo por tanto susceptibles de provocar afecciones ambientales en todo su recorrido. Dichos impactos no solo se producirán durante la fase de construcción -ocupación del suelo, desbroce, movimiento de tierras y maquinaria, montaje de la vía, etc.-, sino que algunos de ellos serán notables también posteriormente, a lo largo de la fase de explotación de la nueva infraestructura -por la propia presencia de ésta, la explotación de la línea, su mantenimiento, etc.-. Los impactos ambientales negativos, de acuerdo con la Ley 21/2013, de 9 de Diciembre, de Evaluación ambiental, se clasifican en:

- Impacto ambiental **compatible**: Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa medidas preventivas o correctoras
- Impacto ambiental **moderado**: Aquel cuya recuperación no precisa medidas preventivas o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.
- Impacto ambiental **severo**: Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige medidas preventivas o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.
- Impacto ambiental **crítico**: Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

Además, se ha incluido la categoría de impacto ambiental nulo, para aquellas categorías que no se vean afectadas de forma directa o indirecta por las actividades realizadas; y la categoría favorable, para aquellas que supongan una mejora con respecto a las condiciones actuales.

A continuación, se incluye una lista de los factores ambientales que se han analizado para las alternativas propuestas, incluyendo un breve comentario al respecto. Las valoraciones estimadas para cada una de ellas se muestran al final de la lista.

- **Calidad del aire y cambio climático:** el impacto estimado en la calidad del aire es semejante (y no destacable) para todas las alternativas, tanto durante la construcción -especialmente procedente del empleo de la maquinaria necesaria, que emite gases contribuyentes al efecto invernadero y aumenta la huella de carbono- como en la explotación -que sería bajo en todas las alternativas, ya que la mayoría de las circulaciones emplean tracción eléctrica o diésel-eléctrica-.
- **Calidad lumínica:** la contaminación lumínica producida durante la construcción y la explotación se considera baja en todos los casos, por dos motivos. En primer lugar, la naturaleza de la obra hace que la circulación ferroviaria se tenga que desviar o suspender durante su duración, por lo que los trabajos no tendrían por qué producirse en horario nocturno, salvo que se estime oportuno para reducirse la duración total de los mismos. En segundo lugar, al ubicarse los trabajos fuera de núcleos poblacionales destacados, incluso en el caso de trabajarse durante la noche, las molestias serían mínimas en este sentido. Durante la explotación ocurre algo similar, ya que la mayoría de las circulaciones se producen en horarios en los que la contaminación lumínica no debería suponer un inconveniente notable, y apenas hay zonas habitadas cerca de la vía.
- **Calidad acústica y vibraciones:** el aumento en los niveles de ruido y vibraciones será moderado en cualquiera de las alternativas, especialmente en las zonas próximas a la vía, tanto en la construcción como la explotación. Cabe mencionar que la vía en placa es algo más ruidosa que la vía tradicional sobre balasto, y además el balasto hace la función de elemento granular amortiguador de vibraciones. Se deberán adoptar medidas preventivas a fin de mitigar los ruidos y vibraciones durante la construcción y tras ésta.
- **Espacios naturales de interés:** cerca de la zona de interés se ubica el Parque Natural de las Dunas de Liencres, aunque a una distancia lo suficientemente lejana como para considerar que no habría un impacto significativo sobre el mismo. A su vez, la línea de ferrocarril existente se encuentra en el límite sur de la Zona especial de conservación de las Dunas de Liencres y Estuario del Pas, y en el límite norte de la ZEC Río Pas. Ambas, en esta zona, abarcan exclusivamente el cauce normal del río Pas. Todas las alternativas supondrían un cierto impacto en este aspecto, siendo más limitado en las opciones con alternativas de trazado actual y oeste, ya que efectúan el cruce sobre el río Pas en la misma localización que se emplea en la actualidad; y mayor en las opciones con alternativa de trazado este, que cruzarían el río en un punto diferente -si bien se eliminaría la afección al cauce provocada por el puente actual, por lo que el impacto global no sería tan destacable-.
- **Fauna:** se han considerado dos impactos principales. Por un lado, el efecto barrera durante la construcción y tras ésta: en todos los casos habrá un efecto notable en la fase constructiva, desapareciendo en la fase de explotación en las alternativas en estructura,

y manteniéndose en las alternativas en terraplén, algo que también ocurre en mayor o menor medida en la actualidad, y que podría solucionarse parcialmente con pasos de fauna acompañados de vallado perimetral. Por otro lado, la fauna del río Pas (considerada zona de protección de peces, en su curso bajo, y de moluscos y otros invertebrados, en la ría de Mogro) se verá más notablemente afectada en las opciones con alternativas de trazado este, y también, en menor grado, en el resto de alternativas.

- **Geología y geomorfología:** la zona carece de lugares de interés geológico, por lo que los posibles impactos vendrán dados por modificaciones a la estructura actual del terreno provenientes de la propia infraestructura y los movimientos de tierras. En este caso, el impacto de las soluciones en terraplén será notablemente superior.
- **Hidrogeología:** la zona en la que se desarrollarán los trabajos está dominada por suelos cuaternarios semipermeables, y situada sobre la unidad de San Román -incluida en las zonas protegidas por captaciones de agua subterránea para abastecimiento-, que cuenta con un único acuífero importante, que funciona en régimen libre (Confederación Hidrográfica del Cantábrico). Por ello, es importante tomar medidas que eviten el vertido de sustancias contaminantes durante los trabajos. El potencial impacto es similar en todas las alternativas.
- **Hidrología superficial:** se deben tener en cuenta diversos aspectos. En primer lugar, en lo que respecta a las alternativas en terraplén, el mencionado efecto barrera puede también tener un impacto en el cauce, al impedir parcialmente el flujo natural del caudal por el terreno, a pesar de los elementos de drenaje que se instalen. En segundo lugar, el área de interés se encuentra próximo a la zona húmeda de la Marisma de la Ría de Mogro, incluida en el Plan Hidrológico de 1998 y en la lista de zonas de protección de moluscos y otros invertebrados, y junto al río Pas, considerado zona de protección de peces (salmonícola). En todos los casos, se deberán tomar medidas con el fin de minimizar cualquier tipo de alteración en este sentido, y en aquellas opciones con alternativas de trazado este, además, se deberán tener en cuenta los aspectos descritos en el apartado 3.1.3.
- **Infraestructura existente:** todas las opciones necesitarían de la construcción de un bypass en la línea Oviedo-Santander entre las estaciones de Gornazo y Boo de Piélagos -para evitar su corte total- durante la construcción del nuevo subtramo Mogro-Río Pas, además del corte parcial de esta entre las estaciones de Boo de Piélagos y Mortera durante la renovación de los elementos de la superestructura en el subtramo Río Pas-Mortera. Las instalaciones actuales del subtramo Mogro-Río Pas quedarán inutilizadas tras la ejecución de las obras, procediendo a su posterior demolición en caso de ser necesario (en el caso en que la alternativa construida interfiera con el trazado actual, dicha demolición deberá producirse previo a la construcción, aumentando el tiempo total sin servicio por la demora en el comienzo de los trabajos de ejecución). Las alternativas con vía en placa supondrían el inconveniente añadido de requerir de zonas de transición a vía sobre balasto, ya que es la superestructura presente en el resto de la línea, lo que podría incrementar los plazos de corte de la infraestructura.
- **Organización territorial:** durante la fase de construcción no se tendrá que interrumpir o modificar la circulación por ninguna vía de la red principal o secundaria de carreteras, y tan solo sería necesario plantear desvíos provisionales o definitivos para las

servidumbres que se vean directamente afectadas. Tampoco se considera necesaria la interrupción o alteraciones en el suministro de servicios tales como el alumbrado, la electricidad o telecomunicaciones. En la fase de explotación, el efecto barrera que supone la infraestructura en la actualidad se mantendrá en el caso de las alternativas en terraplén -pudiendo resultar necesaria la construcción de pasos inferiores como reemplazo de los actuales pasos a nivel, que la nueva cota de la infraestructura haría imposibles- y se reducirá en las alternativas en estructura -especialmente en la alternativa este, que trasladaría la línea a mayor distancia de núcleos poblados-.

- **Paisaje:** la llanura inundable del río Pas se ubica en un enclave de alto valor paisajístico. Durante la fase de construcción, la degradación paisajística será considerable en todas las alternativas, siendo menor en las alternativas que mantienen el trazado actual, intermedia en las alternativas de trazado oeste -que mantienen el trazado existente en gran parte-, y mayor en las alternativas de trazado este -que son de nuevo recorrido en la mayoría de su longitud-. Durante la fase de explotación, se ha considerado que el impacto paisajístico será mayor en los trazados actual y oeste para las opciones sobre estructura, ya que supondrán una mayor variación con respecto a la situación actual. En el caso del trazado este, se ha considerado que la opción sobre terraplén tendrá un mayor impacto, al presentar una nueva acumulación de áridos de grandes dimensiones en una zona que en la actualidad carece de grandes alteraciones.
- **Patrimonio cultural:** de acuerdo con el visor cartográfico del Gobierno de Cantabria, no existen en la zona de interés Bienes de Interés Cultural, Bienes de Interés Local, ni Bienes de Inventariado. El Camino de Santiago discurre paralelo a la autovía A-67 hasta llegar al río Pas, donde se desvía sin entrar en la zona de influencia de los trabajos.
- **Población:** muchos de los factores descritos previamente afectan, de un modo u otro, a la población general, pero hay otros aspectos que no se han descrito y pueden influir en ella. Durante la construcción, posiblemente se produzca un incremento en la necesidad de mano de obra, que puede acarrear un incremento de la población activa de la zona, y por tanto un cambio en la estructura demográfica, etc. Durante la explotación, se reducirá el tiempo de transporte, por la modificación del trazado y el aumento en la velocidad de las circulaciones, que puede atraer población a la zona próxima a las estaciones de la línea, dando lugar a modificaciones permanentes de la distribución espacial de la población en la región; se reducirá la demanda de mano de obra, lo que puede disminuir la población activa tras la obra, etc. En todas las alternativas se considera que el impacto será compatible.
- **Productividad sectorial:** durante la construcción, posiblemente se produzca una reducción en la actividad agrícola de la zona -por la ocupación de terrenos y las dificultades para el acceso a los mismos-, una modificación de la demanda de servicios -puede incrementarse la demanda de determinados servicios por la presencia de los trabajadores de la obra, y reducirse la de otros por las molestias causadas por los trabajos (ruidos, vibraciones, residuos, etc.), un incremento en la demanda de materiales, etc. En todas las alternativas, se considera que el impacto será moderado.
- **Residuos:** la gran mayoría de los residuos que serán potencialmente producidos durante la ejecución de las obras se compone de excedentes de material granular procedente del movimiento de tierras, hormigón, hierro, acero y materiales plásticos. El impacto durante

la fase de construcción será elevado en todos los casos. Durante la fase de ejecución, los residuos provendrán del mantenimiento de la infraestructura, siendo mayor el impacto en las alternativas con vía sobre balasto, por requerir un mayor mantenimiento.

- **Vegetación:** el mayor impacto vendría dado por la retirada de la cubierta vegetal durante la fase constructiva. En este caso existe una diferencia clara entre las alternativas en terraplén -en las que el impacto sería permanente, irreversible e irrecuperable- y en estructura -con un impacto temporal, reversible y recuperable-.
- **Vías pecuarias:** de acuerdo con el sistema de información del Banco de Datos de la Naturaleza (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.), no existe ninguna vía pecuaria en la zona de interés.

El código de colores empleado se muestra en la Tabla 22, y la valoración de los impactos queda recogida en la Tabla 23:

Código de colores
Favorable
Nulo
Compatible
Moderado
Severo

Tabla 22: Código de colores para la valoración de los impactos

Valoración de los impactos									
Categoría	Alternativa								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Cal. aire y c. climático	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.
Calidad lumínica	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.
Cal. acústica y vibraciones	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.
Espacios nat. de interés	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	SEV.	SEV.	SEV.
Fauna	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	SEV.	MOD.	MOD.
Geología y geomorfología	MOD.	COM.	COM.	MOD.	COM.	COM.	MOD.	COM.	COM.
Hidrogeología	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.
Hidrología superficial	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	SEV.	SEV.	SEV.
Infraestructura existente	SEV.	SEV.	SEV.	SEV.	SEV.	SEV.	MOD.	MOD.	MOD.
Organización territorial	COM.	NULO	NULO	COM.	NULO	NULO	COM.	FAV.	FAV.
Paisaje	COM.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	COM.	COM.
Patrimonio cultural	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO
Población	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.	COM.
Productividad sectorial	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.	MOD.
Residuos	MOD.	MOD.	COM.	MOD.	MOD.	COM.	MOD.	MOD.	COM.
Vegetación	SEV.	COM.	COM.	SEV.	COM.	COM.	SEV.	COM.	COM.
Vías pecuarias	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO

Tabla 23: Valoración de los impactos

4. 1. 3. 2. Homogeneización de resultados

En la Tabla 24 se muestran los resultados para cada categoría ambiental y alternativa de diseño, con su ponderación y puntuación correspondientes. Las puntuaciones se han otorgado de la siguiente forma: favorable (+1), nulo (0), compatible (-1), moderado (de -2 a -3), severo (de -4 a -5). Ninguna de las opciones ha obtenido una valoración de tipo “crítico”. Las puntuaciones totales se obtienen según la expresión 4:

$$A_x = \sum_{i=1}^n w_i \cdot a_{i,x} \quad (4)$$

donde A_x es la puntuación total de la alternativa x , w_i la ponderación de la variable o categoría i , y $a_{i,x}$ la puntuación dada a la alternativa x para la variable i . A fin de obtener unos valores del mismo orden de magnitud que el resto de criterios (positivos y con un promedio en el entorno de los 50 puntos), se han transformado dichas puntuaciones totales según la expresión 5.

$$A'_x = (100 - A_x) \cdot 1,15 \quad (5)$$

donde A'_x es la puntuación armonizada de la alternativa x a emplear en el análisis multicriterio, y A_x es la puntuación total de la variable x mostrada en la Tabla 23. En la Tabla 25 se muestran los valores transformados obtenidos.

Asignación de puntuaciones										
Categoría	Alternativa									
	Ponder.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Cal. aire y c. climático	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Calidad lumínica	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Cal. acústica y vibraciones	2	-2	-2	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-3
Espacios nat. de interés	2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-5	-5
Fauna	1	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-4	-3	-3
Geología y geomorfol.	1	-3	-1	-1	-3	-1	-1	-3	-1	-1
Hidrogeología	1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Hidrología superficial	3	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-5	-4	-4
Infraestruct. existente	2	-4	-4	-5	-4	-4	-5	-2	-2	-3
Organización territorial	2	-1	0	0	-1	0	0	-1	1	1
Paisaje	3	-1	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-1	-1
Patrimonio cultural	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Población	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Productividad sectorial	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Residuos	2	-2	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-1
Vegetación	2	-4	-1	-1	-4	-1	-1	-4	-1	-1
Vías pecuarias	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		-60	-52	-54	-63	-52	-54	-73	-51	-53

Tabla 24: Asignación de puntuaciones de impacto ambiental

Valores ambientales armonizados	
Alternativa	Puntuación impacto ambiental
(1) A2	46
(2) A6	55,2
(3) A8	52,9
(4) O2	42,6
(5) O6	55,2
(6) O8	52,9
(7) E2	31,1
(8) E6	56,4
(9) E8	54,1

Tabla 25: Valores ambientales armonizados

4. 2. Determinación de la mejor solución

4. 2. 1. Proceso Analítico Jerárquico

Son muchos los factores implicados a la hora de ejecutar una evaluación, y la combinación de los mismos puede suponer, en muchos casos, efectos desconocidos e imposibles de anticipar con seguridad. Además, en ocasiones se dispone de escasos datos, o se ha de tomar una decisión a partir de información cualitativa que es difícil de analizar y comparar. El Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) fue desarrollado por el profesor Thomas L. Saaty. Este método de análisis multicriterio, desarrollado para solventar problemas concretos de toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, es empleado en la actualidad en múltiples ámbitos de la empresa, la ciencia, o la planificación urbana, entre muchos otros (Yepes, 2018).

En este método, se seleccionan las alternativas teniendo en cuenta una serie de criterios, que normalmente están jerarquizados y entran en conflicto. Si observamos un esquema conceptual del AHP (Figura 14), el **objetivo último** se ubica en el primero de los niveles, y los **criterios** (y subcriterios pertenecientes a los mismos) en los niveles inferiores, que dan pie a la elección de las **alternativas**, situadas en la parte baja. El número de criterios y subcriterios en cada nivel no debe ser mayor de 7, a fin de evitar una cantidad excesiva de comparaciones a pares.

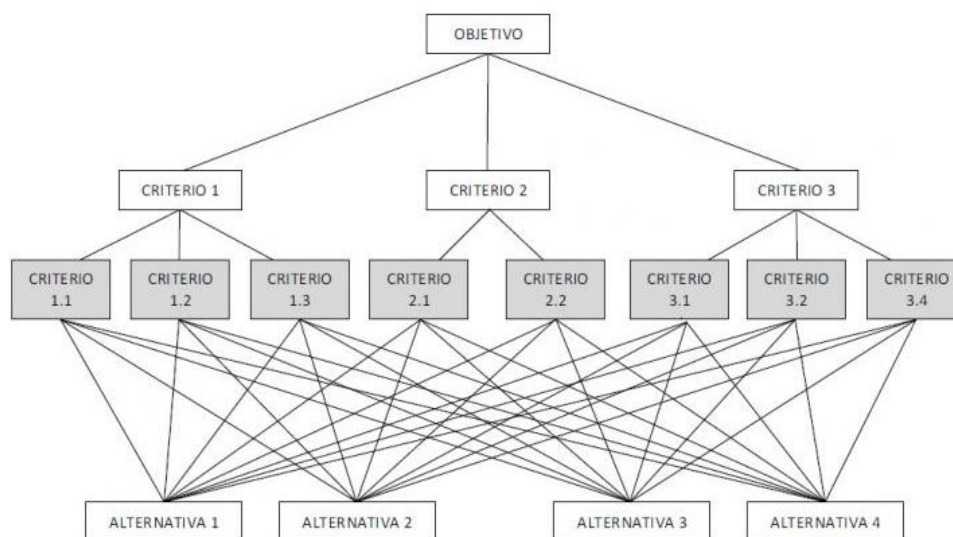


Figura 14: Ejemplo de estructura jerárquica del método AHP (Yepes, 2018)

Una vez se ha definido el problema en cuestión y el objetivo final a alcanzar, es necesario establecer si los criterios que se van a emplear para escoger la alternativa más conveniente tienen la misma importancia. En caso contrario, el evaluador debe escoger subjetivamente la importancia relativa de cada uno de dichos criterios. Debido a la capacidad inherente al ser humano de **comparar elementos por pares** de una manera más sencilla y directa que comparar de una sola vez una multitud de ellos, el profesor Saaty estableció una escala. La **escala de Saaty** es una herramienta diseñada para determinar la importancia o preferencia de criterios o alternativas en la matriz de comparaciones a pares (a_{ij} y a_{ji} , siendo i las filas y j las columnas de la matriz). De este modo, se dota de homogeneidad y certeza a dichas comparaciones. La escala en cuestión es la siguiente:

- **1 (igual importancia):** los dos criterios son igual de importantes.
- **3 (moderada importancia):** la experiencia y el juicio favorecen sensiblemente a un criterio sobre el otro.
- **5 (importancia fuerte):** la experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio sobre el otro.
- **7 (importancia muy grande):** un criterio es mucho más favorecido que el otro; su predominancia se ha demostrado en la práctica.
- **9 (importancia extrema):** la mayor importancia de uno de los criterios está fuera de toda duda.
- **2, 4, 6 y 8: valores intermedios** entre los anteriores, cuando se necesita matizar.

La comparación de las diferentes alternativas respecto a cada uno de los criterios del entramado jerárquico (o de los criterios entre sí) da lugar a una matriz cuadrada, conocida como matriz de decisión. Lo mismo ocurre con la comparación de los criterios pertenecientes a un mismo nivel jerárquico. La **matriz de decisión** cumple con las siguientes propiedades o principios (Yepes, 2018):

- **Reciprocidad:** si $a_{ij} = x$, entonces $a_{ji} = 1/x$, con $1/9 \leq x \leq 9$.
- **Homogeneidad:** si los elementos i y j (criterios o alternativas) son de la misma importancia, entonces $a_{ij} = a_{ji} = 1$. Además, $a_{ii} = 1$ para todo i .
- **Consistencia:** la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada. Se cumple que $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}$ para $1 \leq i, j, k \leq n$.

Y adopta la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Además, como se cumple la condición de reciprocidad:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/a_{12} & \cdots & 1/a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & 1/a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

El siguiente paso consiste en obtener los **vectores propios** (compuestos por los valores V_i), que después se normalizan (W_i), y los **pesos parciales** (del tipo P_j), que se calculan de la siguiente forma:

$$V_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (5)$$

$$W_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (6)$$

$$P_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (7)$$

Antes de llevar a cabo el proceso de elección de la alternativa más adecuada, es necesario comprobar que las matrices son consistentes, para averiguar si la información que estamos introduciendo es coherente. Una matriz estará correctamente constituida o no en función de su **ratio de consistencia** (CR):

$$CR \text{ (proporción o ratio de consistencia)} = \frac{CI \text{ (índice de consistencia)}}{RI \text{ (índice aleatorio)}} \quad (8)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (9)$$

$$\lambda_{max} = \sum_{i=j=1}^n W_i \cdot P_j, \text{ para todo } i = j \quad (10)$$

donde *RI* indica la consistencia de una matriz aleatoria y adopta los valores de la Tabla 26 y *n* la dimensión de la matriz. Para que la matriz sea consistente, el ratio de consistencia debe cumplir con los valores máximos establecidos en la Tabla 27.

Tamaño de la matriz (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio (RI)	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabla 26: Valores del índice aleatorio

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia máximo (CR), %
3	5
4	9
5 o mayor	10

Tabla 27: Porcentajes máximos del ratio de consistencia

Posteriormente, se debe multiplicar la matriz de prioridades, cuyas columnas están constituidas por los vectores propios normalizados de las preferencias de las alternativas para cada criterio, por el vector columna que contiene las prioridades globales de cada criterio. El **resultado final** muestra de forma jerárquica la **preferencia global** de cada una de las **alternativas** estudiadas (Toskano Hurtado, 2005).

4. 2. 2. Aplicación del método

Tal y como se ha mencionado reiteradamente, los componentes básicos de este análisis multicriterio según el método del Proceso Analítico Jerárquico son los siguientes:

- **Criterios (de primer nivel):** resiliencia frente a fenómenos naturales, coste económico, e impacto ambiental
- **Subcriterios (de segundo nivel):** los descritos en los apartados 4.1.1.1, 4.1.2.1 y 4.1.3.1. Debido a que en el AHP el número de criterios y subcriterios en cada nivel no debe ser superior a 7, lo que supondría una cantidad excesiva de comparaciones a pares, para las valoraciones de los subcriterios se emplean directamente los resultados de los apartados 4.1.1.2, 4.1.2.2 y 4.1.3.2.
- **Alternativas:** las nueve alternativas de diseño recogidas en la Tabla 7 del apartado 3.2.3.

Por lo tanto, el esquema del método para el caso en estudio es el que muestra la Figura 15.

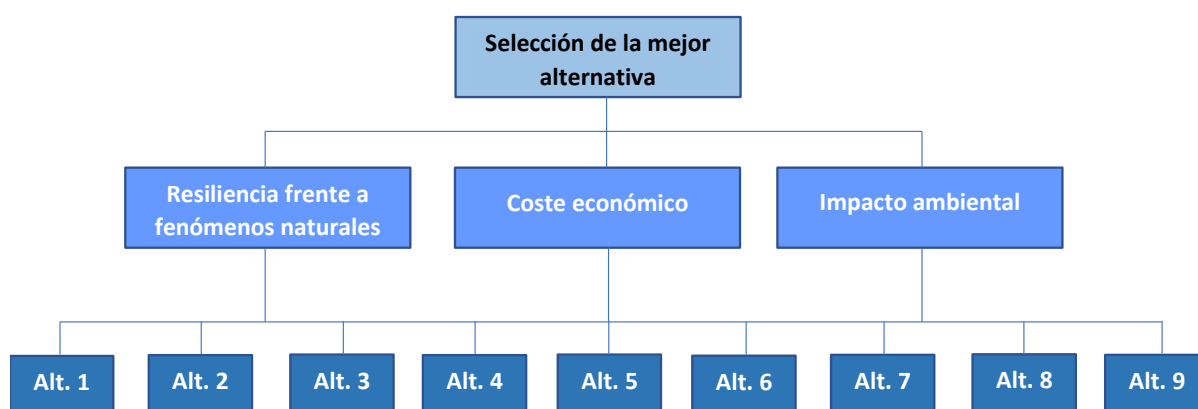


Figura 15: Esquema de la aplicación del AHP

4. 2. 2. 1. Definición de las preferencias de los criterios

El primer paso consiste en establecer la preferencia o **prioridad** de cada uno de los **criterios** definidos. En la Tabla 28 se muestra la matriz de preferencias, así como el vector propio (V_i), el vector propio normalizado (W_i), los pesos (P_j) y los valores λ .

	Resiliencia	Coste econ.	I. ambiental	V_i	W_i	λ
Resiliencia	1	3	5	2,46621	0,64833	0,99410
Coste econ.	1/3	1	2	0,87358	0,22965	1,03343
I. ambiental	1/5	1/2	1	0,46416	0,12202	0,97616

P_j	1,53	4,5	8,00	3,80395	1,00000	λ_{\max}	3,00369
-------	------	-----	------	---------	---------	------------------	---------

Tabla 28: Definición de las preferencias/prioridades de los criterios

Una vez hecho esto, se debe comprobar la consistencia de la matriz, tal y como se ha explicado en el apartado anterior. Para una matriz de $n=3$, el ratio de consistencia máximo es del 5%:

$$CI = \frac{3,00369 - 3}{3 - 1} = 0,0018473$$

$$RI (n = 3) = 0,58; CR = \frac{0,0018473}{0,58} = 0,003185 < 5\%$$

Por lo tanto, la matriz de la Tabla 28 es consistente, y las preferencias o prioridades globales de los diferentes criterios son las que se muestran en la Tabla 29. Se puede apreciar que el criterio de mayor importancia es la resiliencia del nuevo subtramo (64,8%):

Criterio	Preferencia/Prioridad
Resiliencia frente a fenómenos naturales	0,64833
Coste económico	0,22965
Impacto ambiental	0,12202

Tabla 29: Preferencias/prioridades de los criterios

4. 2. 2. 2. Definición de las preferencias de las alternativas

A continuación, se debe realizar el mismo procedimiento para definir las prioridades de cada una de las alternativas para cada uno de los tres criterios. En primer lugar, se estudian las prioridades en función del comportamiento resiliente, para las nueve alternativas de diseño.

Debido a que las evaluaciones de las alternativas para los tres criterios han sido transformadas a una escala cuantitativa, se han empleado estos valores numéricos para la asignación de prioridades a pares. El procedimiento para definir la prioridad de la alternativa a respecto de la alternativa b , en los tres criterios, ha sido tenido en cuenta el cociente entre las valoraciones de ambas alternativas (X'_a/X'_b de forma genérica: R'_a/R'_b en el análisis resiliente, C'_a/C'_b en el análisis económico, y A'_a/A'_b en el análisis ambiental). Se han asignado los valores de la escala de Saaty de la siguiente forma:

- Si $\left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 \geq 2,0$, $a_{ab} = 9$ y $a_{ba} = \frac{1}{9}$ (cumpliendo el principio de reciprocidad)
- Si $1,8 < \left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 < 2,0$, $a_{ab} = 8$ y $a_{ba} = \frac{1}{8}$
- Si $1,65 < \left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 < 1,8$, $a_{ab} = 7$ y $a_{ba} = \frac{1}{7}$
- Si $1,5 < \left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 < 1,65$, $a_{ab} = 6$ y $a_{ba} = \frac{1}{6}$
- Si $1,35 < \left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 < 1,5$, $a_{ab} = 5$ y $a_{ba} = \frac{1}{5}$
- Si $1,25 < \left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 < 1,35$, $a_{ab} = 4$ y $a_{ba} = \frac{1}{4}$
- Si $1,15 < \left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 < 1,25$, $a_{ab} = 3$ y $a_{ba} = \frac{1}{3}$
- Si $1,05 < \left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 < 1,15$, $a_{ab} = 2$ y $a_{ba} = \frac{1}{2}$
- Si $1,0 \leq \left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 < 1,05$, $a_{ab} = a_{ba} = 1$
- Si $\left(\frac{X'_a}{X'_b}\right)^2 < 1,0$, se sigue la misma formulación cambiando la alternativa a por la alternativa b , y viceversa

donde a_{ab} es el miembro de la matriz de preferencias que muestra la preferencia de la alternativa a con respecto de la alternativa b, y a_{ba} indica la preferencia de la alternativa b con respecto de la alternativa a.

La Tabla 30 muestra la matriz de preferencias, el vector propio (V_i), el vector propio normalizado (W_i), los pesos (P_j) y los valores λ , para la evaluación de la **resiliencia** frente a fenómenos naturales.

Preferencias de las alternativas a pares - Resiliencia										Preferencia global - Resiliencia		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	V_i	W_i	λ
(1)	1	1/2	1/2	2	1/2	1	1/2	1/3	1/3	0,62177	0,06200	1,02301
(2)	2	1	1	3	2	2	2	1/2	1	1,42350	0,14195	1,04093
(3)	2	1	1	3	1	2	1	1/2	1/2	1,12983	0,11266	1,05151
(4)	1/2	1/3	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1/4	1/4	0,42305	0,04218	0,97025
(5)	2	1/2	1	2	1	1	1	1/2	1/2	0,92587	0,09232	1,01557
(6)	1	1/2	1/2	2	1	1	1	1/3	1/2	0,75874	0,07566	1,02139
(7)	2	1/2	1	2	1	1	1	1/2	1/2	0,92587	0,09232	1,01557
(8)	3	2	2	4	2	3	2	1	1	2,02635	0,20206	0,99346
(9)	3	1	2	4	2	2	2	1	1	1,79349	0,17884	0,99852
P_j	16,5	7,3	9,3	23,0	11,0	13,5	11,0	4,9	5,6	10,02847	1,00000	λ_{\max} 9,13022

Tabla 30: Definición de las preferencias/prioridades de las alternativas según su resiliencia

Seguidamente, debe confirmarse la consistencia de la matriz. Para una matriz de $n=9$, el ratio de consistencia máximo es del 10%:

$$CI = \frac{9,13022 - 9}{9 - 1} = 0,016277$$

$$RI (n = 9) = 1,45; CR = \frac{0,016277}{1,45} = 0,0112255 < 10\%$$

En consecuencia, la matriz de la Tabla 30 es consistente, y las preferencias o prioridades globales de las alternativas según su resiliencia son las que se recogen en la Tabla 31. Puede observarse que la alternativa más resiliente es la número 8.

Alternativa	Preferencia/Prioridad (resiliencia)
(1) A2	0,06200
(2) A6	0,14195
(3) A8	0,11266
(4) O2	0,04218
(5) O6	0,09232
(6) O8	0,07566
(7) E2	0,09232
(8) E6	0,20206
(9) E8	0,17884

Tabla 31: Preferencias/prioridades de las alternativas según su resiliencia

La Tabla 32 muestra la matriz de preferencias, el vector propio (V_i), el vector propio normalizado (W_i), los pesos (P_j) y los valores λ , para la evaluación del **coste económico**.

Preferencias de las alternativas a pares – Coste econó.										Preferencia global – Coste económico		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	V_i	W_i	λ
(1)	1	7	8	1	7	8	1	7	7	3,76952	0,26346	1,00679
(2)	1/7	1	1	1/7	1	1	1/7	1/2	1	0,48401	0,03383	0,94720
(3)	1/8	1	1	1/8	1	1	1/7	1/2	1/2	0,43503	0,03041	0,94256
(4)	1	7	8	1	7	8	1	7	7	3,76952	0,26346	1,00679
(5)	1/7	1	1	1/7	1	1	1/7	1/2	1	0,48401	0,03383	0,94720
(6)	1/8	1	1	1/8	1	1	1/7	1/2	1/2	0,43503	0,03041	0,94256
(7)	1	7	7	1	7	7	1	6	7	3,59716	0,25141	0,97573
(8)	1/7	2	2	1/7	2	2	1/6	1	1	0,72365	0,05058	1,21387
(9)	1/7	1	2	1/7	1	2	1/7	1	1	0,60981	0,04262	1,10815
P_j	3,8	28,0	31,0	3,8	28,0	31,0	3,9	24,0	26,0	14,30774	1,00000	λ_{\max} 9,09084

Tabla 32: Definición de las preferencias/prioridades de las alternativas según su coste económico

A continuación, se ha de comprobar la consistencia de la matriz. Para una matriz de $n=9$, el ratio de consistencia máximo es del 10%:

$$CI = \frac{9,09084 - 9}{9 - 1} = 0,011355$$

$$RI (n = 9) = 1,45; CR = \frac{0,011355}{1,45} = 0,0078310 < 10\%$$

Dado que cumple con el límite del ratio de consistencia, la matriz de la Tabla 32 es consistente, y las preferencias o prioridades globales de las alternativas según su coste económico son las que se recogen en la Tabla 33. Puede observarse que las alternativas más económica son la número 1 y la número 4.

Alternativa	Preferencia/Prioridad (coste económico)
(1) A2	0,26346
(2) A6	0,03383
(3) A8	0,03041
(4) O2	0,26346
(5) O6	0,03383
(6) O8	0,03041
(7) E2	0,25141
(8) E6	0,05058
(9) E8	0,04262

Tabla 33: Preferencias/prioridades de las alternativas según su coste económico

La Tabla 34 muestra la matriz de preferencias, el vector propio (V_i), el vector propio normalizado (W_i), los pesos (P_j) y los valores λ , para la evaluación del **impacto ambiental**.

Preferencias de las alternativas a pares – Imp. ambiental										Preferencia global – Imp. ambiental		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	V_i	W_i	λ
(1)	1	1/3	1/3	2	1/3	1/3	5	1/3	1/3	0,62091	0,05615	1,10624
(2)	3	1	1	4	1	1	7	1	1	1,63610	0,14797	0,99524
(3)	3	1	1	3	1	1	7	1/2	1	1,46716	0,13269	1,03623
(4)	1/2	1/4	1/3	1	1/4	1/3	5	1/4	1/4	0,46839	0,04236	1,06748
(5)	3	1	1	4	1	1	7	1	1	1,63610	0,14797	0,99524
(6)	3	1	1	3	1	1	7	1/2	1	1,46716	0,13269	1,03623
(7)	1/5	1/7	1/7	1/5	1/7	1/7	1	1/8	1/7	0,18829	0,01703	0,91955
(8)	3	1	2	4	1	2	8	1	1	1,93708	0,17519	1,00002
(9)	3	1	1	4	1	1	7	1	1	1,63610	0,14797	0,99524
P_j	19,7	6,7	7,8	25,2	6,7	7,8	54,0	5,7	6,7	11,05729	1,00000	λ_{\max} 9,15147

Tabla 34: Definición de las preferencias/prioridades de las alternativas según su impacto ambiental

El siguiente paso, una vez más, se basa en comprobar la consistencia de la matriz. Para una matriz de $n=9$, el ratio de consistencia máximo es del 10%:

$$CI = \frac{9,15147 - 9}{9 - 1} = 0,0189331$$

$$RI (n = 9) = 1,45; CR = \frac{0,0189331}{1,45} = 0,0130573 < 10\%$$

La matriz de la Tabla 34 es consistente, y las preferencias o prioridades globales de las alternativas según su coste económico son las que se recogen en la Tabla 35. Puede observarse que la alternativa más favorable en términos ambientales es la número 8.

Alternativa	Preferencia/Prioridad (impacto ambiental)
(1) A2	0,05615
(2) A6	0,14797
(3) A8	0,13269
(4) O2	0,04236
(5) O6	0,14797
(6) O8	0,13269
(7) E2	0,01703
(8) E6	0,17519
(9) E8	0,14797

Tabla 35: Preferencias/prioridades de las alternativas según su impacto ambiental

4. 2. 2. 3. Definición de las preferencias globales de las alternativas y resultado final

Finalmente, se agrupan las preferencias de las alternativas para cada criterio en la **matriz de vectores propios** de alternativas por criterio, con un vector propio de uno de los criterios en cada columna, y se multiplica dicha matriz por el vector propio (columna) de las preferencias globales de cada criterio. El resultado que se obtiene es la preferencia global de cada una de las alternativas, que tiene en cuenta la contribución de todos los criterios. Para este caso la matriz y vector columna son los siguientes:

		Resiliencia	Coste económico	Impacto ambiental		Preferencia global	
(1)	A2	0,06200	0,26346	0,05615		0,10755	(1) A2
(2)	A6	0,14195	0,03383	0,14797		0,11785	(2) A6
(3)	A8	0,11266	0,03041	0,13269		0,09622	(3) A8
(4)	O2	0,04218	0,26346	0,04236		0,09302	(4) O2
(5)	O6	0,09232	0,03383	0,14797	$\cdot \begin{pmatrix} 0,64833 \\ 0,22965 \\ 0,12202 \end{pmatrix} =$	0,08568	(5) O6
(6)	O8	0,07566	0,03041	0,13269		0,07222	(6) O8
(7)	E2	0,09232	0,25141	0,01703		0,11967	(7) E2
(8)	E6	0,20206	0,05058	0,17519		0,16399	(8) E6
(9)	E8	0,17884	0,04262	0,14797		0,14379	(9) E8

Como conclusión, la alternativa más adecuada, de acuerdo con los criterios establecidos, es la número 8 (o E6), con una preferencia global del 16,21%. Esta alternativa emplea el trazado este, infraestructura tipo estructura, y superestructura tipo vía sobre balasto.

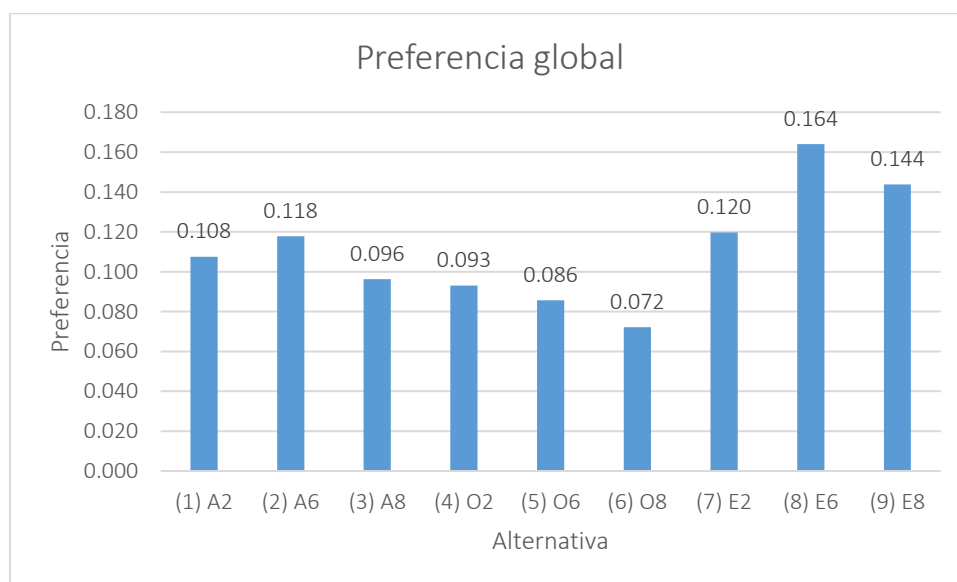


Figura 16: Preferencia global de las alternativas de diseño

Referencias

- ADIF. (2007). *Conceptos básicos ferroviarios*. Obtenido de Convocatoria de factor de circulación de entrada - Oferta pública de empleo 2007-2008: http://www.adif.es/es_ES/conoceradif/oferta_de_empleo_publico/doc/08_fc_ConceptosFerroviarios.pdf
- ADIF. (2020). *Base de precios de ADIF - Módulo de obra civil*.
- ADIF. (2021). *NAP 1-2-1.0 NORMA ADIF PLATAFORMA - METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO FERROVIARIO*.
- ADIF, Comité de Normativa. (2020). *Norma ADIF Plataforma NAP 1-2-0.2 Climatología, Hidrología y Drenaje* (2 ed.).
- Ahlborn, T., Shuchman, R., Sutter, L., Harris, D., Brooks, C., & Burns, J. (2013). *Bridge Condition Assessment Using Remote Sensors*.
- Beltrán Palomo, A. (2006). *Estudio Informativo Eje Atlántico de Alta Velocidad. Tramo A Coruña-Betanzos (A Coruña)*.
- Confederación Hidrográfica del Cantábrico . (2016). *SNCZI. MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DEL LITORAL DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO OCCIDENTAL*.
- Confederación Hidrográfica del Cantábrico. (s.f.). *Resumen de la situación de la contaminación de las aguas subterráneas en las comunidades autónomas*.
- Cortina Ruiz, E. (2013). *La utilización de la vía en placa en líneas de alta velocidad: aplicación práctica*.
- Ferreiro Casal, M. (2012). *Estudios de obras de tierra para la implantación de vía en placa. Parámetros de diseño y funcionales*.
- Fruela. (27 de Septiembre de 2017). *Flickr*. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/132121308@N06/37349524941/>
- García Asón, C. (2018). *ESTUDIO INFORMATIVO RED ARTERIAL FERROVIARIA DE ELCHE: VARIANTE DE CONEXIÓN DE LA NUEVA ESTACIÓN DE ALTA VELOCIDAD CON EL CENTRO URBANO. FASE II*.
- Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Centro Nacional de Información Geográfica*. Obtenido de Terremotos más importantes: <https://www.ign.es/web/ign/portal/terremotos-importantes>
- Manso, Á. (17 de Enero de 2019). *La Voz de Galicia. El grueso de la inversión en el tren de vía estrecha se aplaza hasta 2023*.
- Maté, M. (16 de Diciembre de 2015). *Flickr*. Obtenido de Arenero procedente de Arijá desde los riscos de Cabañas: <https://www.flickr.com/photos/ordunte/23795376522>
- Merino Martínez, F. (2021). *Análisis hidrológico del río Pas en el entorno de la estación de Mogro*.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (19 de Enero de 2016). *Boletín Oficial del Estado*. Recuperado el 14 de Marzo de 2021, de Real Decreto 1/2016: <https://www.chcantabrico.es/documents/20143/58454/Cantabrico+Occidental.pdf/f4138048-f294-1038-cae7-c607a5fe5633>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Banco de Datos de la Naturaleza*. Obtenido de <https://sig.mapama.gob.es/bdn/>
- MITMA. (2018). *ESTUDIO INFORMATIVO PARA LA REORDENACIÓN DE ESPACIOS EN LA ESTACIÓN DE SANTANDER*.
- Patel, D., Lad, V., Chauhan, K., & Patel, K. (2020). Development of Bridge Resilience Index Using Multicriteria Decision-Making Techniques. *Journal of Bridge Engineering*, 25(10).

- Sañudo Ortega, R. (2020). Vía en placa - Descripción. *Ferrocarriles e Infraestructuras Viarias - Apuntes de la asignatura*. Universidad de Cantabria.
- SENER. (s.f.). *Estudio Informativo del Proyecto del Corredor Ferroviario Cantábrico-Mediterráneo. Tramo Pamplona-Conexión Y Vasca. Fase 1:5000*.
- Southgate, R., Roth, C., Schneider, J., Shi, P., Onishi, T., Wenger, D., . . . Beddington. (2013). *Using Science for Disaster Risk Reduction*.
- Toskano Hurtado, G. (2005). *El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores : aplicación en la selección del proveedor para la Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L.* Lima.
- Trains. (13 de Mayo de 2018). *Flickr*. Obtenido de Trains and planes studio: <https://flickr.com/photos/144033466@N03/40400208690/in/photolist-nNc3PL-oXiXT8-21SpLBu-24y2Cwf-diXNES-eH62ka-nNeY4P-97n8wB-evmwKL>
- Yepes, V. (27 de Noviembre de 2018). *Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)*. Obtenido de El Blog de Víctor Yepes: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/saaty/>

ANEJO Nº5: SOLUCIÓN ADOPTADA

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN	4

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es describir brevemente la solución adoptada en la evaluación multicriterio del Anejo nº4, los condicionantes de su diseño y las justificaciones necesarias para apoyar la decisión tomada.

2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La solución escogida es, por tanto, la **alternativa** de diseño número **8** (o E6) para el subtramo Mogro-Río Pas, que discurre por el trazado este, con una infraestructura de tipo estructura sobre pilas o viaducto, y una superestructura de vía sobre balasto.

Avanzando en sentido Oviedo-Santander, el **trazado** en planta **coincide** con el existente en los **primeros 300 metros**, dando paso a continuación a una alineación curva hacia la derecha para atravesar la llanura inundable del río Pas y su cauce. Una vez superado el río Pas, se recupera la alineación recta para volver a incorporarse a la traza actual. Se contempla, a partir de dicho punto, una renovación de la superestructura de vía hasta la estación de Mortera.

El hecho de emplear un trazado diferente al actual implica que la **estación de Mogro deberá modificarse**, ubicándose los nuevos andenes sobre el viaducto, proveyendo los accesos pertinentes a los mismos desde la cota del terreno. Se deberán demoler aquellas porciones de la zona de andenes que interfieran con la nueva infraestructura y su construcción. Otra implicación del nuevo **trazado** es la **liberación** del existente una vez hayan finalizado las obras: se retirarán los elementos de la superestructura, existiendo la posibilidad de mantener la infraestructura para su adaptación en vía verde o permitir una unión para peatones y vehículos más directa entre ambos márgenes del río Pas, ya que el puente de la línea férrea es el último antes de la desembocadura, y la alternativa más inmediata es emplear la autovía A-67. Existe la posibilidad de unir el trazado actual con servidumbres a ambos márgenes del río, para dar continuidad al mismo. Durante la ejecución de las obras, será necesaria la construcción de un **baipás** ferroviario, que aprovechará en la mayor parte de su recorrido las vías existentes.

El **perfil longitudinal** de la infraestructura viene determinado por las **características hidráulicas** definidas en el Anejo nº4. La estructura sobre pilas deberá mantener un resguardo mínimo de 1,50 metros bajo el intradós con respecto al nivel de la superficie libre del agua alcanzado con un período de retorno de 500 años (ADIF, Comité de Normativa, 2020), que es de 4,17 metros. En ambos extremos del viaducto se realizarán, en consecuencia, sendas transiciones entre la cota de la línea existente y la necesaria para satisfacer dicha exigencia en la estructura.

En la Figura 1 se muestra la traza en planta (en azul) de la solución adoptada para el subtramo Mogro-Río Pas. En la Figura 2 se muestra la sección tipo de ADIF RAM que ha sido empleada como referencia en el diseño de la nueva línea.



Figura 1: Traza de la solución adoptada

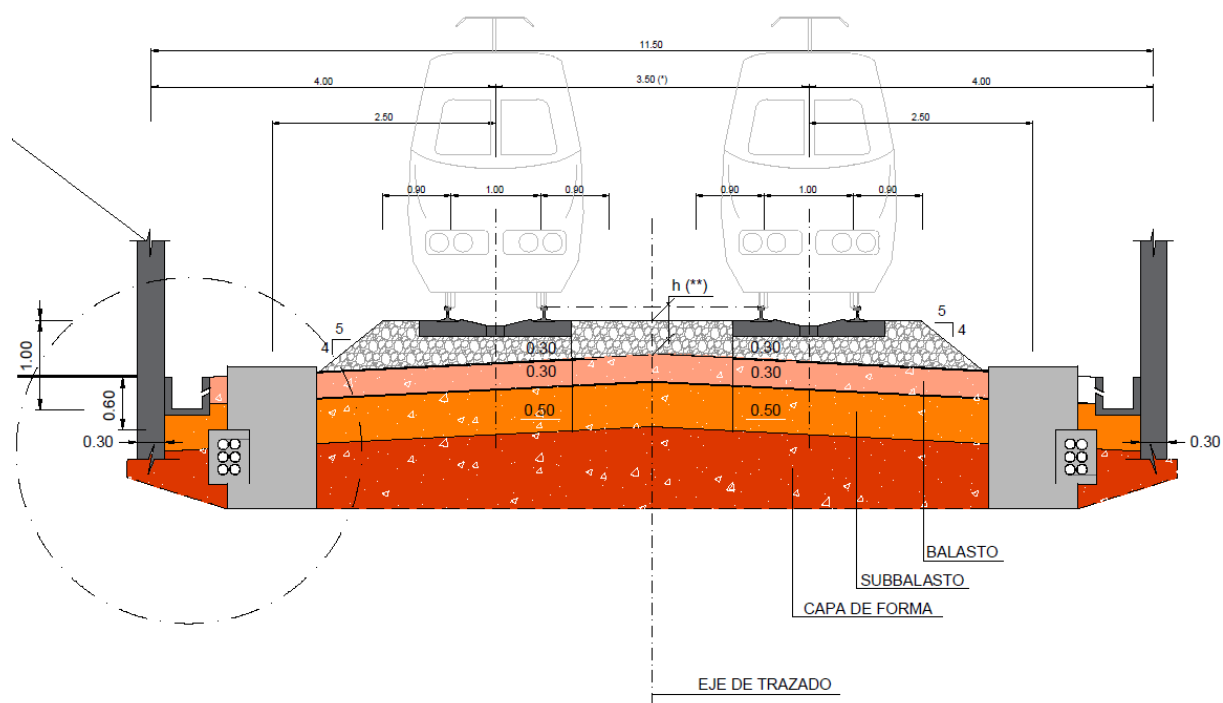


Figura 2: Sección tipo vía doble ancho métrico ADIF

3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN

En primer lugar, la solución adoptada ha sido seleccionada por un **método de uso extendido y rigor demostrado**, como es el Proceso Analítico Jerárquico de Thomas Saaty. Los datos de los que se ha nutrido el método proceden de una evaluación coherente y completa de la resiliencia de las alternativas de diseño, una estimación de los costes más significativos de su construcción, y de una evaluación detallada de los impactos ambientales más destacables de la ejecución y servicio de las alternativas.

Se ha dado un **mayor peso al criterio de resiliencia** que al económico y el ambiental. El autor considera que es más ventajosa una solución resiliente que una de menor coste ya que de esta forma, previniendo las potenciales intervenciones de la vía, se evita un mantenimiento más acusado y repetido en el tiempo. También se considera más adecuada una solución resiliente que una de menor impacto ambiental, siempre que se mantenga dentro de los límites establecidos. Los impactos en el medio ambiente derivados de los trabajos de restauración o reconstrucción tras el fallo de un elemento podrían terminar siendo más nocivos que los correspondientes a la construcción de uno más resiliente de mayor impacto ambiental durante su construcción y servicio.

A continuación, se muestran algunas de las ventajas más destacables de la solución adoptada:

- El empleo de una estructura elevada permite la circulación de los caudales de avenida del río Pas con una holgura notablemente superior que los elementos de drenaje de cualquier solución en terraplén.
- La solución proporciona una gran continuidad o integridad, al ser una única entidad de tipo estructura sobre pilas tanto para recorrer la llanura inundable como para cruzar el propio río Pas.
- Los pilotes pueden ser diseñados para adecuarse a las cargas esperables y las características geotécnicas del terreno con mayor fiabilidad que los materiales granulares que conforman un terraplén.
- En el trazado este se aumenta considerablemente el radio de curvatura, lo que permite un aumento en las velocidades de circulación -principalmente en los trenes sin parada-, y también mayor confort y seguridad para los viajeros.
- La solución adoptada, junto con el resto de alternativas de trazado este, son las únicas que permiten emplear la línea existente como bypass. En caso de construirse un bypass en las alternativas de trazado oeste o actual, se necesitaría un bypass de nueva ejecución, así como un cruce sobre río Pas por otro punto, lo que elevaría enormemente el coste.
- Se evitan demoliciones innecesarias, pudiéndose aprovechar la infraestructura existente bien como vía verde o bien como paso de tanto tráfico rodado como peatones, conectando ambas márgenes del río Pas.

Por otro lado, también se enumeran algunos inconvenientes:

- Aunque la solución adoptada permita el paso del agua del río Pas por debajo de la misma, la infraestructura discurre por zonas con mayores profundidades y velocidades, y un terreno menos compactado. Un correcto diseño y ejecución bastarían para evitar estos problemas.

- El balasto necesita un mantenimiento más frecuente, aunque se dispone de los medios necesarios y no será mayor que el necesario en la actualidad.
- Si bien no es la alternativa de mayor coste, existen otras más económicas.
- El impacto paisajístico será apreciable, aunque se empleen medidas de mitigación o corrección.
- Se deberán reponer las servidumbres afectadas (que son en este caso de acceso a propiedades privadas).

En lo que respecta a las cuestiones de planificación hidrológica, la alternativa escogida conlleva la ejecución de un nuevo cruce sobre el río Pas, lo que supone una modificación de las condiciones existentes.

A fin de respetar la normativa vigente, y con el objetivo de conservar la situación de la zona, se deberán adoptar todas las medidas factibles para paliar los efectos adversos en el estado de la masa de agua, que se espera no sean excesivos, y que en cualquier caso serán de naturaleza temporal. Se permitirá al curso del río y su ribera retomar su estado actual una vez finalizadas las actuaciones, ya que la estructura proyectada deja suficiente espacio libre sin huella constructiva en ambas márgenes del río (así como en el propio cauce).

Se ha considerado que los beneficios que supondrá la nueva infraestructura al conjunto de la sociedad (al constituir no solo una mejora en sus condiciones de movilidad, sino también un impulso al transporte público, pilar básico del desarrollo sostenible), superan las afecciones que pueda generar en el medio ambiente. La posible mejora ambiental que podrían suponer las demás alternativas se estima sería pequeña en comparación con las ventajas que implica la alternativa seleccionada, que se han descrito previamente. Los motivos de las alteraciones al cauce deberán ser consignadas y explicadas específicamente en el plan hidrológico.

ANEJO Nº6: CLIMATOLOGÍA

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. BIBLIOGRAFÍA APLICABLE	2
3. CLIMATOLOGÍA.....	2
3. 1. Descripción general.....	2
3. 2. Régimen de temperaturas	4
3. 3. Régimen de precipitaciones.....	5
3. 3. 1. Aplicación en el Anteproyecto.....	7
3. 4. Humedad relativa.....	9
3. 5. Otros parámetros	10

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo de Climatología tiene por objeto describir las principales características climáticas básicas recogidas que han sido empleadas como base para el desarrollo del Anteproyecto. Los datos climáticos se han empleado de manera indirecta para la obtención de las características hidráulicas del río Pas en el tramo de interés, y de forma directa para el análisis del período de retorno más adecuado para el diseño.

2. BIBLIOGRAFÍA APLICABLE

Se enumeran a continuación las fuentes de las que se han obtenido los datos de aplicación para el estudio del clima de la zona:

- Atlas Climático Ibérico de la Agencia Estatal de Meteorología y el Instituto de Meteorología de Portugal.
- Datos de valores climatológicos normales y extremos de la Agencia Estatal de Meteorología.
- Documento de la Directiva Marco del Agua de Cantabria de recopilación de las características generales de la cuenca del río Pas.
- Climogramas de Climate Data.

3. CLIMATOLOGÍA

3. 1. Descripción general

La zona donde se ubica el tramo Mogro-Mortera cuenta con un clima oceánico, templado y húmedo, de tipo Cfb según la clasificación climática de Köppen. El Atlas Climático Ibérico define este clima como templado sin estación seca con verano templado. Se ubica, además de la región cantábrica, en el Sistema Ibérico, parte de la meseta norte y la mayor parte de la Cordillera Pirenaica, excepto las zonas de más altitud (Figura 1). A nivel global, este tipo de clima es habitual en regiones situadas al oeste de las grandes masas continentales -tal y como ocurre en este caso, en Europa Occidental-.

Los veranos e inviernos son suaves, existiendo oscilaciones térmicas -tanto diurnas como anuales- pequeñas o moderadas, y una elevada humedad relativa. El caso de la zona donde se encuentra Cantabria es especial, ya que la corriente del Golfo favorece el registro de temperaturas significativamente más suaves que en otros puntos en las mismas latitudes.

La franja costera próxima a la desembocadura del río Pas presenta temperaturas medias de entre 12 y 14°C. La temperatura media en los meses estivales es de 19°C, con un promedio de 22°C en las temperaturas máximas y de 16°C en las mínimas. Por el contrario, en invierno, la temperatura media es de 11°C, variando desde el promedio de la temperatura máxima de 14°C hasta la media de las mínimas de 8°C. Por lo tanto, el gradiente térmico medio es de 8°C, lo que resulta en el clima suave que se ha mencionado tiene la zona. Los meses con mayores precipitaciones son los de otoño e invierno (Figura 2).

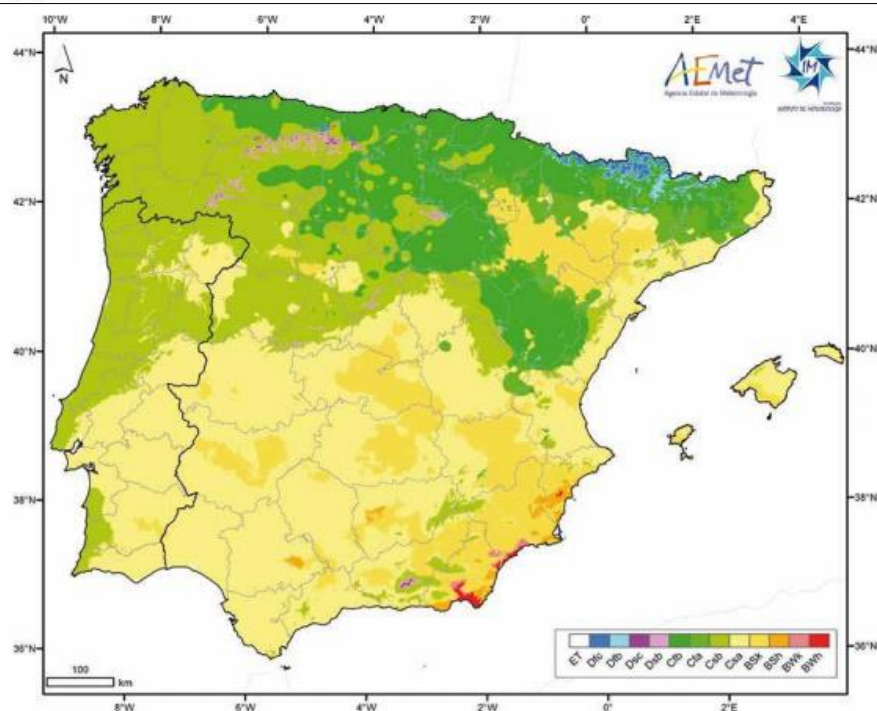


Figura 1: Clasificación climática de Köppen-Geiger en la Península Ibérica e Islas Baleares

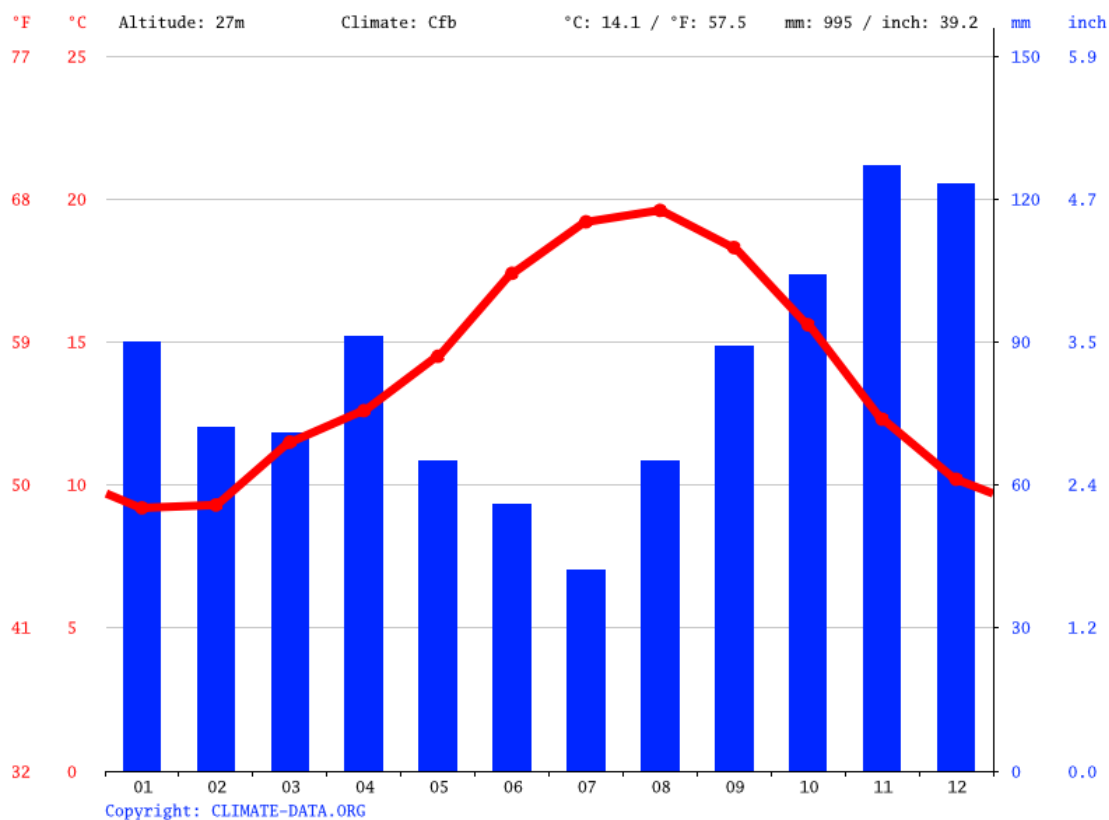


Figura 2: Climograma de Miengo, Cantabria

3. 2. Régimen de temperaturas

Para la descripción de las temperaturas regionales, se emplean los datos normales y extremos correspondientes a la estación meteorológica de Santander Aeropuerto, pues es la que ofrece datos más completos y fiables de la zona. Se encuentra a 11 km de la zona de estudio, y a una altura de 3 metros sobre el nivel del mar, una cota similar a la de la zona de la llanura inundable del río Pas. La Tabla 1 recoge los valores mensuales y anuales de la temperatura media, temperaturas máximas diarias y temperaturas mínimas diarias. La Tabla 2 muestra los valores de temperatura extremos.

Temperaturas medias (°C) – Santander Aeropuerto													
	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
T _{máx}	13,6	13,8	15,7	16,6	19,1	21,6	23,6	24,2	22,8	20,3	16,3	14,2	18,5
T _{media}	9,7	9,8	11,3	12,4	15,1	17,8	19,8	20,3	18,6	16,1	12,5	10,5	14,5
T _{mín}	5,8	5,7	7,0	8,3	11,1	13,9	16,0	16,4	14,4	11,8	8,7	6,7	10,5

Tabla 1: Temperaturas medias en Santander-Aeropuerto

Temperaturas extremas (°C) – Santander Aeropuerto													
	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
T _{máx}	24,6	29,0	31,3	30,7	36,8	37,6	37,2	36,5	37,6	33,2	29,2	24,6	37,6
T _{media máx}	12,8	14,0	14,6	15,5	17,8	19,6	22,3	23,2	21,2	18,9	14,9	14,4	23,2
T _{media mín}	6,9	4,0	7,7	9,6	11,8	14,9	15,8	16,5	15,0	11,9	9,4	7,1	4,0
T _{mín}	-5,4	-5,2	-3,0	0,6	2,6	5,6	6,0	6,0	2,8	1,4	-2,5	-5,2	-5,4

Tabla 2: Temperaturas extremas en Santander-Aeropuerto

La Figura 3 muestra los datos de temperaturas medias y extremas en la estación meteorológica de Santander Aeropuerto de forma gráfica.

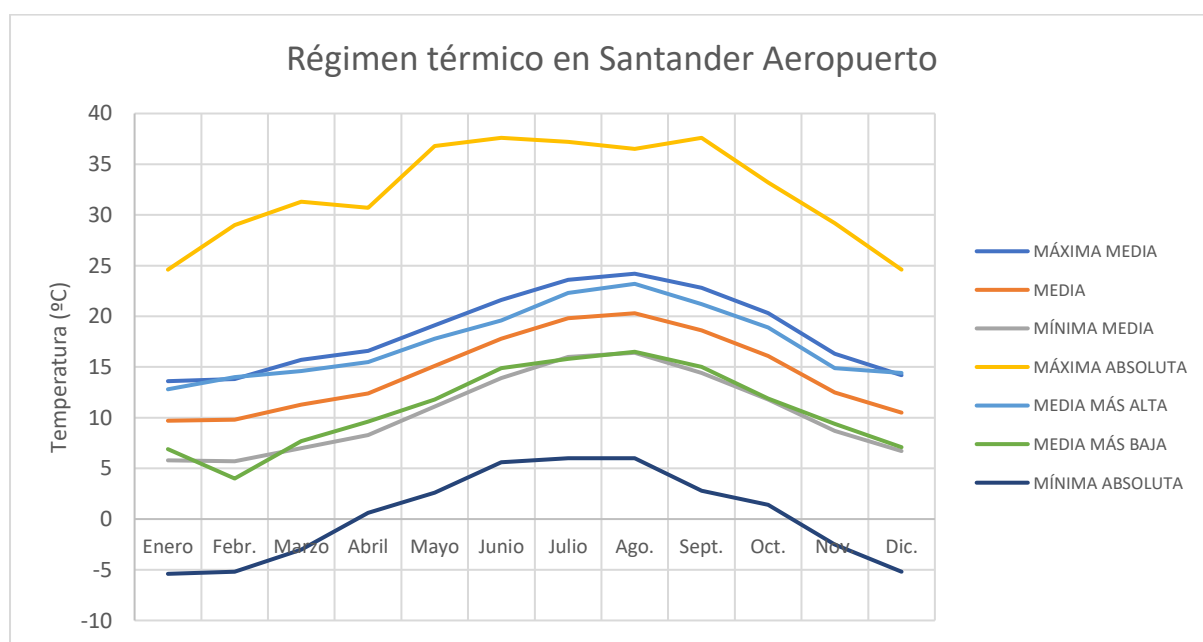


Figura 3: Distribución de temperaturas en Santander-Aeropuerto

Se puede apreciar que los meses más cálidos en cuanto a temperaturas medias son, de más a menos cálido, agosto, julio y septiembre, mientras que los más fríos son enero, febrero y diciembre, en ese orden. La máxima absoluta, de 37,6°C, se registró tanto en junio como en septiembre. La mínima absoluta, de -5,4°C, se registró en enero.

3. 3. Régimen de precipitaciones

La práctica totalidad de las precipitaciones que se registran en la región son en forma de lluvia, siendo otras formas como la nieve o el granizo muy poco habituales. El número anual medio de días de nevadas es de 0,9 (menos de un día al año, lo que da cuenta de la rareza de estos fenómenos). De media, hay 15,7 días de tormenta anuales, sobre todo en verano (el máximo ocurre en julio, con 2,0 días). En la Tabla 3 se muestran las precipitaciones mensuales y anuales medias, así como los valores de precipitación máxima diaria registrados. En la Tabla 5 pueden observarse con detalle los días de nevadas y tormentas medios, junto con otros parámetros.

Precipitaciones (mm) – Santander Aeropuerto													
	Enero	Febr.	Marz.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
P _{media,mes}	106	92	88	102	78	58	52	73	83	120	157	118	1129
P _{máx,24h}	74,0	66,0	58,7	124,2	61,9	102,2	82,5	134,4	91,2	119,4	87,0	102,1	134,4
P _{máx,mes}	313,4	264,0	310,3	268,5	199,8	208,0	190,4	406,5	251,6	442,1	490,1	461,5	490,1

Tabla 3: Precipitaciones en Santander-Aeropuerto

La Figura 4 muestra los datos de precipitaciones medias y extremas en la estación meteorológica de Santander Aeropuerto de forma gráfica.

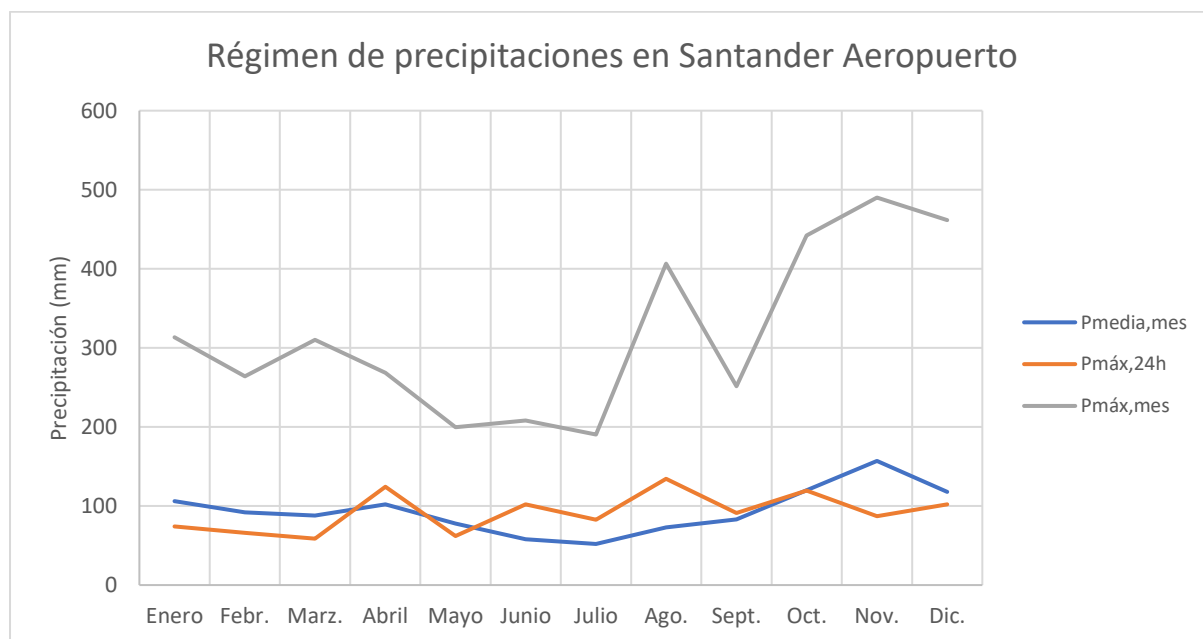


Figura 4: Distribución de precipitaciones en Santander-Aeropuerto

Puede observarse que, de media, son más lluviosos los meses de otoño, alcanzando su máximo en noviembre, mientras que los más secos son los meses de verano, con mínimo en julio. También se

puede apreciar que en muchas ocasiones se han registrado precipitaciones máximas diarias que superan el valor medio de la precipitación correspondiente a todo el mes, especialmente en los meses más secos (en agosto se registró una precipitación máxima diaria que representaba el 184% del total para todo el mes). La precipitación es abundante durante todo el año, incluso en los meses más secos, lo que la hace una de las zonas más lluviosas de la península, como puede observarse en la Figura 5, en cuya parte central se encuentra resaltada la comunidad autónoma de Cantabria.

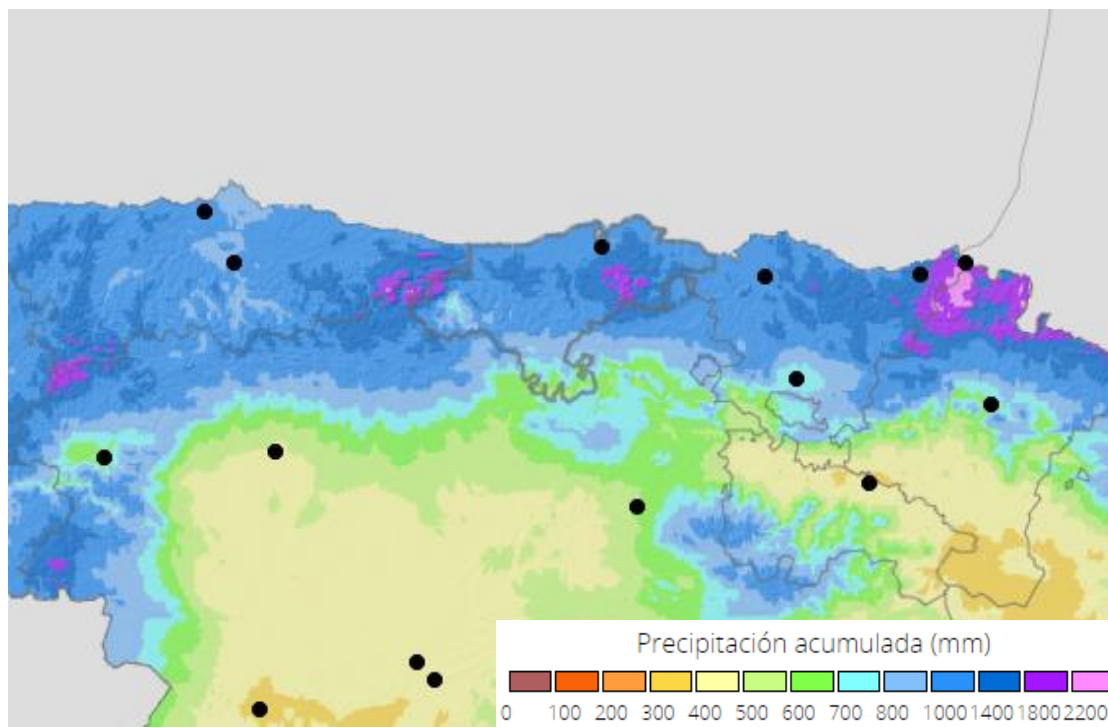


Figura 5: Mapa de precipitación anual

Además, como apoyo en la elección del período de retorno más adecuado al proyecto, se han recopilado las precipitaciones máximas registradas en 24 horas para la serie histórica 1924-2020 (Figuras 6 y 7) en las estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología 1110 (hasta el año 1996, incluido) y 1111X (a partir de 1997, incluido). En la Tabla 3 se recogen todos los valores.

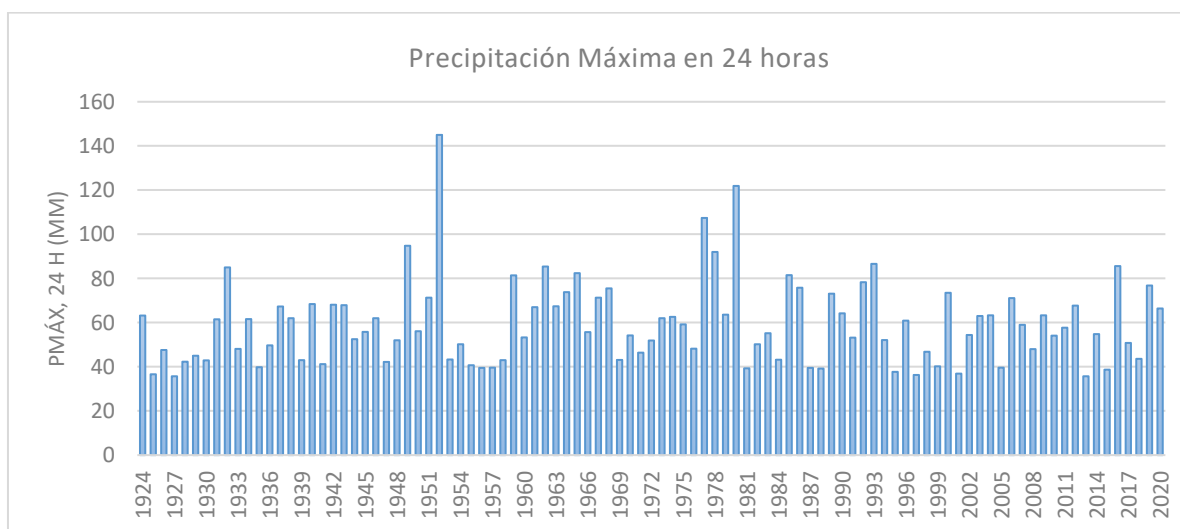


Figura 6: Precipitación máxima diaria por año en Santander

Precipitación máxima diaria		Precipitación máxima diaria		Precipitación máxima diaria	
Año	P _{máx,24h} (mm)	Año	P _{máx,24h} (mm)	Año	P _{máx,24h} (mm)
1924	63,2	1957	39,6	1990	64,2
1925	36,6	1958	43	1991	53,2
1926	47,6	1959	81,4	1992	78,3
1927	35,7	1960	53,3	1993	86,6
1928	42,3	1961	67	1994	52,1
1929	45	1962	85,4	1995	37,7
1930	42,9	1963	67,4	1996	60,9
1931	61,5	1964	73,8	1997	36,3
1932	85	1965	82,4	1998	46,8
1933	48,1	1966	55,7	1999	40,2
1934	61,6	1967	71,3	2000	73,5
1935	39,8	1968	75,5	2001	36,9
1936	49,7	1969	43,1	2002	54,4
1937	67,3	1970	54,2	2003	63
1938	62	1971	46,4	2004	63,3
1939	43	1972	51,9	2005	39,6
1940	68,4	1973	62	2006	71,1
1941	41,2	1974	62,6	2007	59
1942	68,1	1975	59,2	2008	48
1943	67,9	1976	48,2	2009	63,3
1944	52,5	1977	107,4	2010	54,1
1945	55,8	1978	92	2011	57,7
1946	62	1979	63,6	2012	67,7
1947	42,2	1980	121,9	2013	35,7
1948	52	1981	39,3	2014	54,8
1949	94,8	1982	50,2	2015	38,7
1950	56,1	1983	55,2	2016	85,6
1951	71,3	1984	43,2	2017	50,8
1952	145	1985	81,5	2018	43,6
1953	43,3	1986	75,8	2019	76,8
1954	50,2	1987	39,5	2020	66,4
1955	40,7	1988	39,2		
1956	39,5	1989	73,1		

Tabla 4: Precipitación máxima diaria por año en Santander

3. 3. 1. Aplicación en el Anteproyecto

Con el objetivo de poder proponer una solución adecuada, se ha estudiado el patrón que siguen este tipo de fenómenos extremos. A pesar de que las precipitaciones se distribuyen a lo largo del año con bastante regularidad, la comunidad de Cantabria no es ajena a los episodios de inundación, a veces más asociados a otras regiones donde la precipitación habitualmente se concentra más en el tiempo -como el Levante peninsular-. Los episodios de inundación que tienen lugar en Cantabria pueden clasificarse en los siguientes grupos (Bárcena Odriozola & Garmendia Pedraja, 1999):

- Avenidas estacionales ordinarias: ocurren en respuesta a precipitaciones con intensidades de 70 a 90 mm en 24 horas, cuando el suelo está saturado. Tienen lugar, al menos, una vez al año, y el río desborda sin causar grandes estragos, ya que el caudal ha ido creciendo lentamente.
- Avenidas estacionales extraordinarias: suceden con intensidades de precipitación superiores, de 90 a 100 mm en 24 horas, con el suelo saturado. Estos episodios se generan periódicamente, aunque no todos los años, y tienen efectos más graves (corte de vías de comunicación, inundación de edificaciones, etc.).
- Avenidas catastróficas: producidas por precipitaciones con intensidades por encima, en general, de los 100 mm en 24 horas, sin necesidad de que el suelo esté saturado, ya que con frecuencia tienen lugar en los meses más secos del año. Los efectos son catastróficos, devastando edificaciones y vías de comunicación, e incluso provocando víctimas mortales. Se trata de fenómenos muy puntuales, de frecuencia menos definida.

Debido a que el mayor riesgo viene dado por el último grupo, es importante dedicarle toda la atención. Asimismo, si se evitan los daños causados por las avenidas catastróficas, se estarán evitando también los causados por las demás, al ser de menor magnitud. *Bárcena Odriozola y Garmendia Pedraja* recogen una serie de ejemplos de estos eventos, en los que se puede observar un patrón aproximado de 3 avenidas catastróficas cada 100 años (en los años 1736, 1775 y 1834, por ejemplo). Si observamos los datos de precipitación diaria máxima por año observamos que este patrón se confirma en el período 1924-2020, que es para el que se tienen datos de las estaciones meteorológica de Santander ciudad (código AEMET 1110, período 1924-1996) y Santander (código AEMET 111X, período 1997-2020) de la Agencia Estatal de Meteorología. Dichas estaciones meteorológicas son las más próximas a la zona de interés para las que se han encontrado datos abiertos disponibles. La Figura 7 muestra las precipitaciones máximas recogidas en 24 horas cada año de dicho período en Santander, y permite observar que el umbral de intensidad para las avenidas catastróficas (100 mm en 24 horas, línea roja discontinua) se supera en tres ocasiones en estos 97 años, por lo que se podría dar por válida la asunción de que se supera dicho umbral unas tres veces en un período de 100 años. También aparecen representados los umbrales de intensidad para avenidas estacionales ordinarias (en verde) y excepcionales (en naranja).

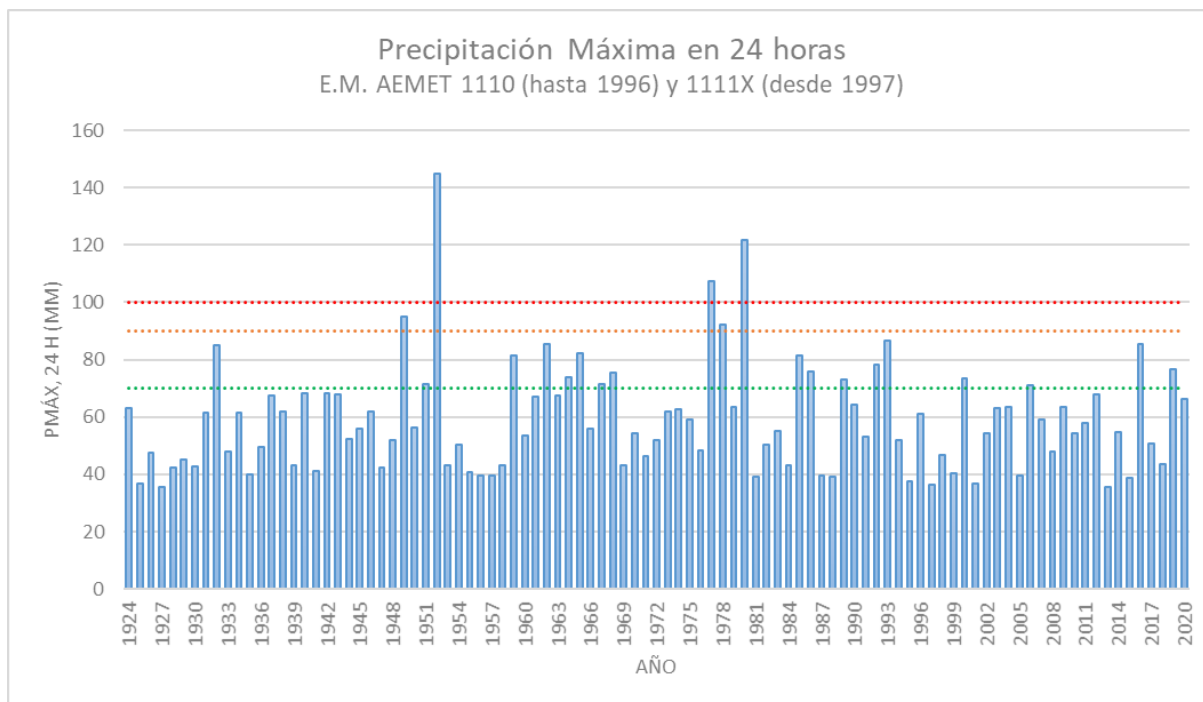


Figura 7: Precipitación Máxima en 24 horas (1924-2020)

3. 4. Humedad relativa

La humedad relativa media en la zona se mantiene prácticamente constante a lo largo del año, con valores en el rango del 70-75%, siendo menor en los meses de invierno y el comienzo de la primavera, y mayor en verano y otoño. El mes con la menor humedad relativa es marzo (71%), mientras que los que cuentan con una humedad relativa mayor son agosto y septiembre (76%). La Figura 8 muestra los valores de humedad relativa media para cada mes del año. La humedad relativa media anual es del 73,83%.

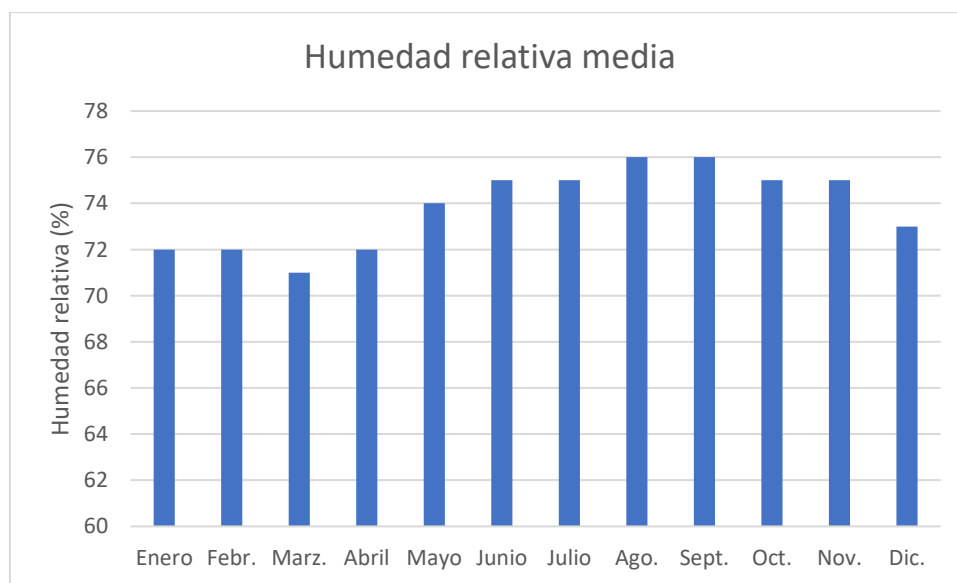


Figura 8: Distribución de la humedad relativa media en Santander-Aeropuerto

3. 5. Otros parámetros

En la Tabla 5 se recogen otros parámetros que la Agencia Estatal de Meteorología recopila como el número de días que ocurre un determinado fenómeno. A continuación, se enumeran dichos parámetros:

- DR: número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN: número medio mensual/anual de días de nieve
- DT: número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF: número medio mensual/anual de días de niebla
- DH: número medio mensual/anual de días de helada
- DD: número medio mensual/anual de días despejados
- I: número medio mensual/anual de horas de sol

Otros parámetros meteorológicos – Santander Aeropuerto													
	Enero	Febr.	Marz.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
DR	12,3	11,1	9,9	11,9	10,4	7,6	7,3	7,6	8,9	11,1	13,3	12,1	123,6
DN	0,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9
DT	0,8	1,1	0,9	1,3	1,6	1,8	2,0	1,4	1,5	1,0	1,3	0,9	15,7
DF	0,8	0,9	1,2	0,7	1,7	1,2	0,5	0,8	1,9	2,1	0,9	0,6	13,4
DH	2,1	1,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,0	6,2
DD	2,9	3,1	2,9	2,4	2,4	3,7	4,5	3,8	4,6	2,8	3,2	3,4	38,9
I	85	104	135	149	172	178	187	180	160	129	93	74	1649

Tabla 5: Otros parámetros meteorológicos en Santander-Aeropuerto

ANEJO Nº7: HIDROLOGÍA

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. BIBLIOGRAFÍA APLICABLE	2
3. HIDROLOGÍA	2
3. 1. Características generales	2
3. 2. Características extremas del flujo del Pas en la sección de estudio	3
3. 2. 1. Cálculo de los caudales máximos	4
3. 2. 2. Cálculo de las cotas de la superficie libre	6
3. 2. 3. Otros parámetros	8

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo de Hidrología se realiza una descripción y análisis de las características hidrológicas de la zona donde se localiza el tramo de estudio, así como de la cuenca vertiente. Se ha puesto el foco en el subtramo Río Pas-Mogro, ya que es el de mayor interés hidrológico, tanto por su ubicación en la vecindad de dicho río como por el hecho de que es el subtramo en el que se desarrollarán actividades de construcción de nueva infraestructura. Debido a la ubicación y la naturaleza de la infraestructura ferroviaria en cuestión, una correcta determinación de los aspectos hidrológicos es de gran importancia.

2. BIBLIOGRAFÍA APLICABLE

Se enumeran a continuación las fuentes de las que se han obtenido los datos de aplicación para el estudio de las características hidrológicas de la zona:

- El estudio “Análisis hidrológico del río Pas en el entorno de la estación de Mogro” del autor del Anteproyecto.
- Documento de la Directiva Marco del Agua de Cantabria de recopilación de las características generales de la cuenca del río Pas.

3. HIDROLOGÍA

3. 1. Características generales

La zona de estudio está ubicada en la cuenca hidrológica del río Pas, que nace en la Cordillera Cantábrica, y desemboca en el Mar Cantábrico en la ría de Mogro. La cuenca vertiente en el tramo de estudio tiene una extensión de 661 km², constituyendo por tanto una de las de mayor superficie de la vertiente cantábrica de la comunidad autónoma. Los límites geográficos de dicha cuenca son: por el norte, el Mar Cantábrico; por el este, la cuenca del río Miera; por el sur, la cuenca del río Ebro; y, por el oeste, la cuenca del río Saja. En la Figura 1 se muestra la ubicación de la cuenca hidrológica del río Pas en Cantabria, y en la Figura 2 la división por municipios de la misma.



Figura 1: Ubicación de la cuenca del río Pas



Figura 2: Municipios en la cuenca del río Pas

El río más importante de la cuenca es el que le da nombre, el Pas (de 61 kilómetros de longitud), que atraviesa la zona de estudio de sur a norte, y debe ser cruzado por todas las alternativas de diseño. Otros ríos importantes en la cuenca son el Lueña (de 17,4 kilómetros) y el Pisueña (de 34,7 kilómetros), ambos afluentes del Pas. La red hídrica principal está constituida por los cauces de estos tres ríos, y su recorrido es de más de 110 kilómetros de longitud. Las dimensiones de la cuenca permiten alcanzar unos recursos hídricos superficiales en régimen natural en la zona de estudio superiores a los 505 Hm³ al año.

En los 61 kilómetros que separan su nacimiento en Peñas Negras de su desembocadura en la ría de Mogro, muy próxima a la zona de estudio, el río Pas salva un desnivel de más de 1000 metros. Más del 20% de su longitud está encauzada de forma artificial, para evitar los daños provocados por las riadas. Además, existen en el río hasta 20 puntos de vertido de aguas residuales (urbanas y de origen industrial), cuyo efecto es más notable en los meses estivales, debido a la reducción de los caudales del mismo.

3. 2. Características extremas del flujo del Pas en la sección de estudio

En el estudio “Análisis hidrológico del río Pas en el entorno de la estación de Mogro” se determinaron los caudales máximos circulantes y las alturas de la superficie libre del agua en la sección del río próxima a la zona de interacción con la línea de ferrocarril. Para ello, se emplearon sendos modelos en los programas HEC-HMS (para la obtención de los caudales) y HEC-RAS (para la altura de la superficie libre). De acuerdo con las exigencias del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias para diferentes elementos de drenaje, se calcularon los valores correspondientes a períodos de retorno de 50, 100, 300 y 500 años. Para otorgar al análisis de una mayor fiabilidad en el futuro, se

realizó el mismo procedimiento teniendo en cuenta los efectos del cambio climático, lo que dio lugar a situaciones futuras más desfavorables, tanto en lo que respecta a los caudales como a las alturas de la lámina de agua.

3. 2. 1. Cálculo de los caudales máximos

En primer lugar, se construyó el modelo en HEC-HMS a partir de documentación ráster, se delimitó la cuenca vertiente de la zona de estudio y se dividió en cinco subcuencas (Figura 3). Posteriormente, se calcularon los parámetros necesarios para ejecutar el modelo:

- Se obtuvieron números de curva de las subcuencas, para el método de pérdidas. Para este fin se empleó el método de curva del Servicio de Conservación de Suelos. El número de curva depende de la pendiente del terreno, sus características hidrológicas, el tipo de suelo y el uso del suelo, por lo que fue necesario analizar todas estas variables previamente.
- Se calcularon las intensidades de precipitación y se obtuvieron los hietogramas, para el modelo meteorológico. Esto se realizó siguiendo las pautas del documento “Máximas llluvias diarias en la España Peninsular”.
- Se obtuvo la distribución de caudales base del río Pas en las proximidades de Mogro.
- Se calculó el tiempo de concentración y el coeficiente de almacenamiento, para el método de transformación. En este caso, se empleó el método de Clark.
- Se determinaron los parámetros del método de tránsito (método de Muskingum).

En sucesivas tablas y figuras se muestran los resultados más destacables.



Figura 3: Modelo de la cuenca del Pas en HEC-HMS

Subcuenca	Área (km ²)	Número de curva
S_1	200,68	71,84
S_2	151,76	72,14
S_3	83,96	68,04
S_4	129,80	68,66
S_5	91,40	72,05

Tabla 1: Características de las subcuencas del modelo

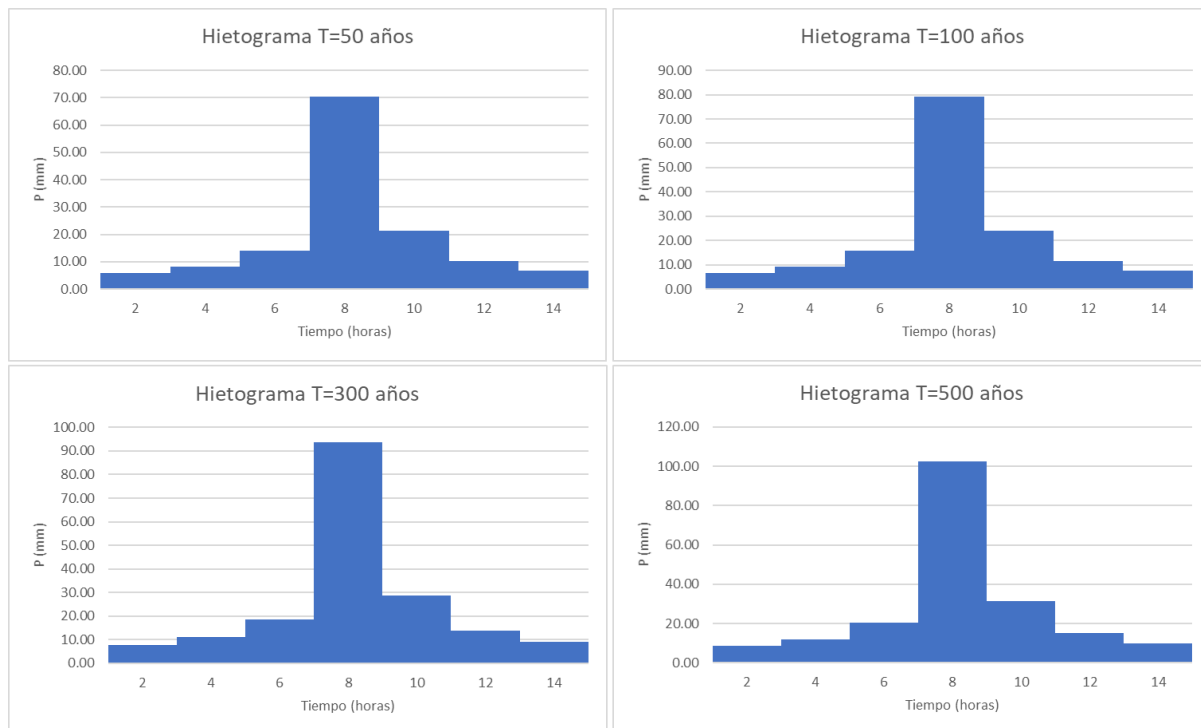


Figura 4: Hietogramas para la situación actual

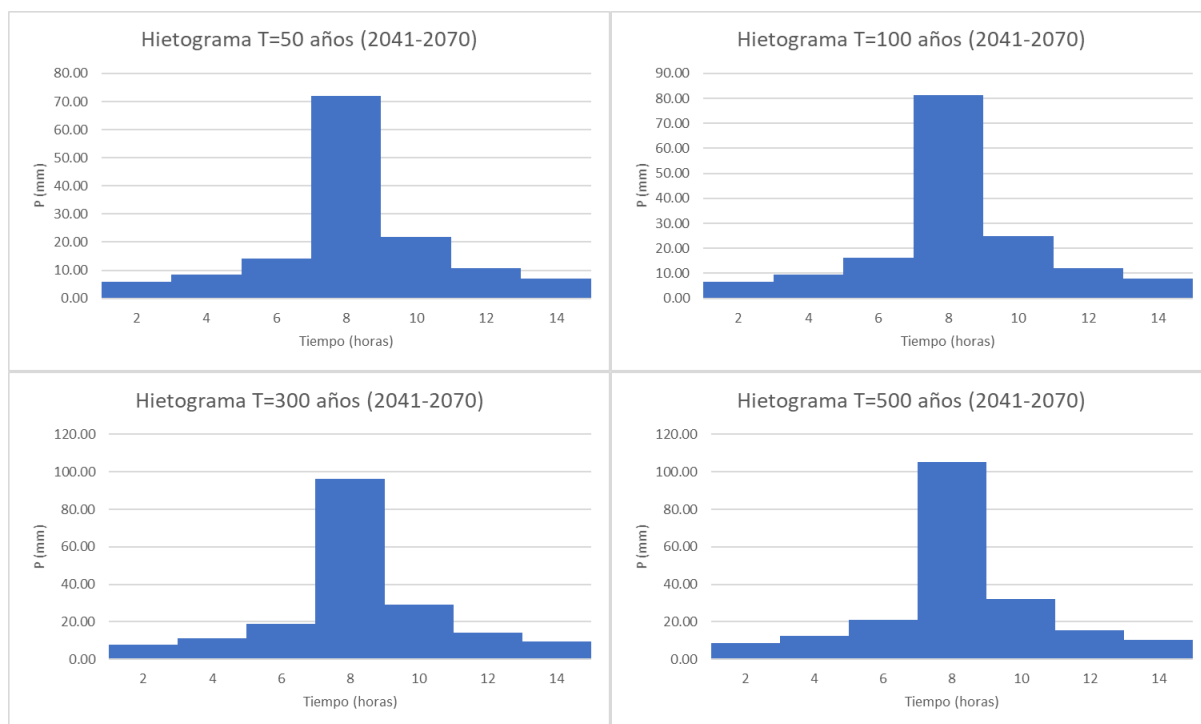


Figura 5: Hietogramas para la situación futura (con cambio climático)

Caudales naturales (m³/s)												
Localización	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mogro	30,69	22,44	22,35	28,32	17,19	8,27	7,47	4,25	4,50	15,05	20,72	38,64

Tabla 2: Distribución de caudales base del río Pas en Mogro

Parámetros para el método de transformación (Clark, actualidad y futuro)	
Tiempo de concentración	13,98 h
Coefficiente de almacenamiento	25,96 h

Tabla 3: Parámetros para el método de transformación

Valores de K y X (Muskingum, actualidad y futuro)						
Tramo	L (m)	K_{t50} (h)	K_{t100} (h)	K_{t300} (h)	K_{t500} (h)	X
1	18000	0,840	0,800	0,748	0,722	0,2
2	20800	0,505	0,482	0,450	0,434	

Tabla 4: Parámetros para el método de tránsito (situación actual y futura)

Una vez terminado el proceso de cálculo de estas variables, se obtuvieron los hidrogramas y las tablas con los caudales del río para los diferentes períodos de retorno, tanto en la situación actual como en la futura, incluyendo el efecto del cambio climático. Se consideró una duración de la simulación de 134 horas (el tiempo de concentración más 5 días adicionales, para tener una perspectiva adecuada del efecto de la precipitación en la zona de estudio). La Tabla 5 recoge los caudales máximos obtenidos:

Caudales máximos			
Período de retorno	$Q_{\text{máx}}$ (m³/s, actualidad)	$Q_{\text{máx}}$ (m³/s, futuro)	Diferencia futuro vs. actual (m³/s)
50 años	508,6	523,1	+14,5
100 años	580,5	597,6	+17,1
300 años	701,7	722,8	+21,1
500 años	778,1	801,7	+23,6

Tabla 5: Caudales máximos

3. 2. 2. Cálculo de las cotas de la superficie libre

Esta variable es de gran importancia para el diseño de la nueva infraestructura ferroviaria, ya que determina las dimensiones de la misma, ya que el agua que transporta el río durante las avenidas no debe alcanzar la cota de la vía. Por ello, se diseña el nuevo tramo teniendo en cuenta las cotas de la superficie libre, y añadiendo un resguardo de seguridad.

Para obtener las cotas de la lámina de agua, se elaboró un modelo en HEC-RAS a partir de los datos obtenidos en el modelo de HEC-HMS. En este caso se empleó un modelo digital del terreno, sobre el que se definieron el eje del río, las riberas, las trayectorias del flujo y las secciones transversales requeridas para poder determinar correctamente el relieve de la zona (Figura 4). Posteriormente, se caracterizaron los elementos especiales: el puente de la línea de ferrocarril y el puente de la autovía A-67 sobre el río Pas.

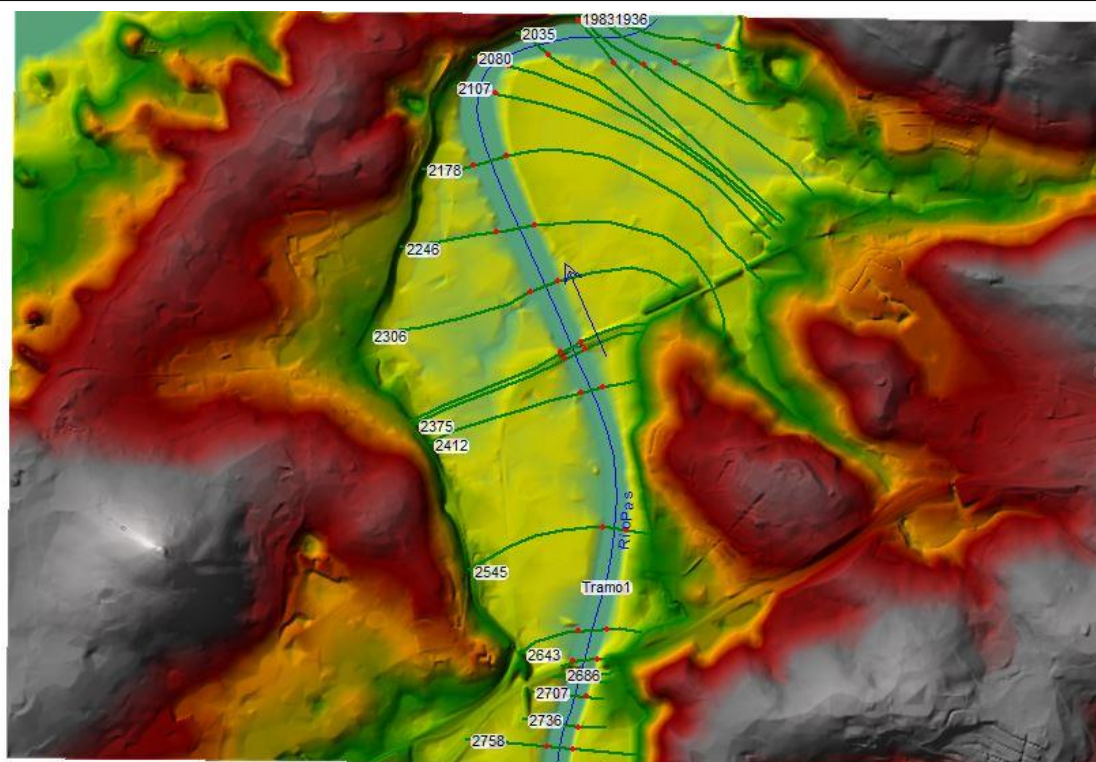


Figura 4: Modelo en HEC-RAS de la zona de estudio

Como datos del flujo se emplearon los caudales máximos aportados por el modelo de HEC-HMS, y como condición de contorno una superficie libre aguas abajo tal que el cauce no rebosa por encima de las márgenes naturales del río para el caudal actual de 10 años de período de retorno. Las Tablas 6 a 8 muestran las cotas de la superficie del agua en las tres secciones inmediatamente aguas arriba del puente actual de la línea de ferrocarril.

Cota de la superficie del agua (Sección 2375)						
T	Actualidad			Futuro		
	Z _{máx} (m)	Z _{mín canal} (m)	ΔZ _{máx} (m)	Z _{máx} (m)	Z _{mín canal} (m)	Δz (m)
50 años	3,38	-0,03	3,41	3,41	-0,03	3,34
100 años	3,51	-0,03	3,54	3,54	-0,03	3,57
300 años	3,72	-0,03	3,75	3,75	-0,03	3,78
500 años	3,83	-0,03	3,86	3,86	-0,03	3,89

Tabla 6: Cota de la superficie del agua en la sección 2375

Cota de la superficie del agua (Sección 2412)						
T	Actualidad			Futuro		
	Z _{máx} (m)	Z _{mín canal} (m)	ΔZ _{máx} (m)	Z _{máx} (m)	Z _{mín canal} (m)	ΔZ _{máx} (m)
50 años	3,45	-0,03	3,48	3,48	-0,03	3,51
100 años	3,59	-0,03	3,62	3,62	-0,03	3,65
300 años	3,80	-0,03	3,83	3,83	-0,03	3,86
500 años	3,92	-0,03	3,95	3,96	-0,03	3,99

Tabla 7: Cota de la superficie del agua en la sección 2412

Cota de la superficie del agua (Sección 2545)						
T	Actualidad			Futuro		
	Z _{máx} (m)	Z _{mín canal} (m)	Δz _{máx} (m)	Z _{máx} (m)	Z _{mín canal} (m)	Δz _{máx} (m)
50 años	3,63	-0,03	3,66	3,66	-0,03	3,69
100 años	3,78	-0,03	3,81	3,81	-0,03	3,84
300 años	4,01	-0,03	4,04	4,04	-0,03	4,07
500 años	4,13	-0,03	4,16	4,17	-0,03	4,20

Tabla 8: Cota de la superficie del agua en la sección 2545

3. 2. 3. Otros parámetros

Las Tablas 9 a 12, y la Figura 5, muestran diversas propiedades de la sección 2375.

Parámetros de la sección inmediatamente aguas arriba del puente de la línea de ferrocarril (2375)											
Estac.	Perfil	Q Total (m³/s)	Elevación mín. del canal (m)	Elevación sup. libre (m)	Calado crítico (m)	Elevación línea de energía (m)	Pendiente línea de energía (m/m)	Veloc. flujo (m/s)	Área flujo (m²)	Anchura máxima (m)	Froude # Chl
2375	50 años actual	508,6	-0,03	3,38	1,99	3,43	0,000486	1,23	693,89	396,79	0,21
2375	100 años act	580,3	-0,03	3,51	2,08	3,57	0,000526	1,31	746,00	407,95	0,22
2375	300 años act	701,0	-0,03	3,72	2,29	3,78	0,000580	1,43	831,33	421,19	0,24
2375	500 años act	777,2	-0,03	3,83	2,37	3,90	0,000616	1,50	879,35	428,59	0,25
2375	50 años futuro	523,1	-0,03	3,41	2,01	3,46	0,000495	1,24	704,54	398,59	0,22
2375	100 años fut	597,3	-0,03	3,54	2,16	3,60	0,000535	1,33	757,72	409,54	0,23
2375	300 años fut	722,1	-0,03	3,75	2,32	3,82	0,000590	1,45	844,51	423,04	0,24
2375	500 años fut	800,8	-0,03	3,86	2,40	3,94	0,000629	1,53	892,82	431,35	0,25

Tabla 9: Parámetros de la sección 2375

Estac.	Perfil	Q Total (m³/s)	Q izq (m³/s)	Q canal (m³/s)	Q dcha (m³/s)
2375	50 años actual	508,6	209,86	295,91	2,83
2375	100 años act	580,3	248,44	327,85	4,02
2375	300 años act	701,0	314,94	379,04	7,02
2375	500 años act	777,2	356,82	411,08	9,29
2375	50 años futuro	523,1	217,58	302,45	3,07
2375	100 años fut	597,3	257,61	335,29	4,40
2375	300 años fut	722,1	326,49	387,99	7,62
2375	500 años fut	800,8	369,62	421,20	9,98

Tabla 10: Distribución del caudal en la sección 2375

Estac.	Perfil	Área Total (m ²)	Área izq (m ²)	Área canal (m ²)	Área dcha (m ²)
2375	50 años actual	693,89	440,14	241,03	12,72
2375	100 años act	746,00	478,97	250,4	16,64
2375	300 años act	831,33	542,17	265,32	23,84
2375	500 años act	879,35	577,64	273,5	28,2
2375	50 años futuro	704,54	448,12	242,97	13,45
2375	100 años fut	757,72	487,65	252,47	17,59
2375	300 años fut	844,51	551,9	267,58	25,03
2375	500 años fut	892,82	587,6	275,77	29,45

Tabla 11: Distribución de área de flujo en la sección 2375

Estac.	Perfil	Velocidad flujo izq (m/s)	Velocidad flujo canal (m/s)	Velocidad flujo dcha (m/s)
2375	50 años actual	0,48	1,23	0,22
2375	100 años act	0,52	1,31	0,24
2375	300 años act	0,58	1,43	0,29
2375	500 años act	0,62	1,50	0,33
2375	50 años futuro	0,49	1,24	0,23
2375	100 años fut	0,53	1,33	0,25
2375	300 años fut	0,59	1,45	0,30
2375	500 años fut	0,63	1,53	0,34

Tabla 12: Distribución de velocidad de flujo en la sección 2375

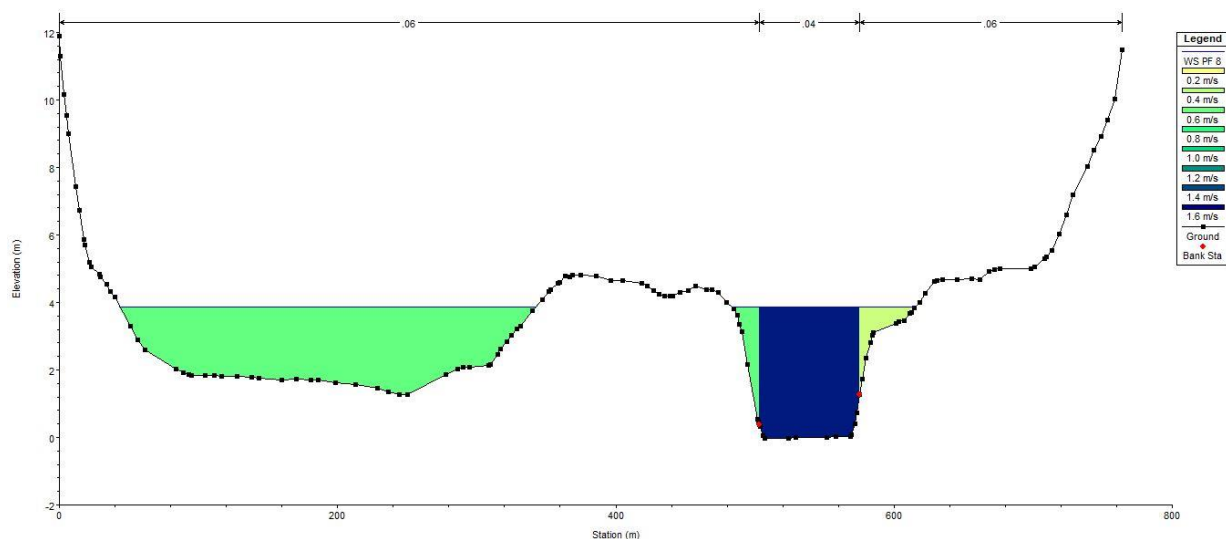


Figura 13: Distribución de velocidades (sección 2375, T=500 años, 2041-2070)

ANEJO Nº8: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. BIBLIOGRAFÍA APLICABLE	2
3. ENCUADRE GEOLÓGICO.....	2
4. ESTRATIGRAFÍA.....	4
5. GEOMORFOLOGÍA	6
6. HIDROGEOLOGÍA	6
7. GEOTECNIA	7
8. SISMICIDAD.....	9
8. 1. Antecedentes	9
8. 2. Normativa aplicable	9
8. 3. Clasificación de las construcciones.....	9
8. 4. Aplicación de la norma	10

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo de Geología y Geotecnia tiene por objeto describir las principales propiedades del medio físico en la llanura inundable del río Pas y sus proximidades, ya que se trata de la zona en la que se localiza el subtramo en el que se desarrollarán actividades de construcción de nueva infraestructura, directamente influidas por las características geológicas y geotécnicas del terreno.

2. BIBLIOGRAFÍA APLICABLE

Se enumeran a continuación las fuentes de las que se han obtenido los datos de aplicación para el análisis de las características geológicas y geotécnicas de la zona:

- Cartografía y documentos del Instituto Geológico y Minero de España.
- Documento de la Directiva Marco del Agua de Cantabria de la cuenca del río Pas.
- “Facies, estratigrafía y tectónica sinsedimentaria de la plataforma carbonatada aptiense-albiense de Suances (Cantabria, Norte de España)”, de Joanaitz Pérez Malo.
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02).

3. ENCUADRE GEOLÓGICO

La zona de estudio se ubica en las proximidades de la costa central de Cantabria. La morfología de esta parte de la región cuenta con un relieve predominantemente suave o llano, existiendo algunas formaciones de mayor altitud pero formas alomadas.

En la llanura inundable del río Pas predominan las formaciones del Cretácico y Cuaternario, especialmente de este último. La Figura 1 es el mapa geológico general de Cantabria, con la zona de estudio resaltada en rojo. En la Figura 2 se muestran las formaciones geológicas de la zona de estudio.

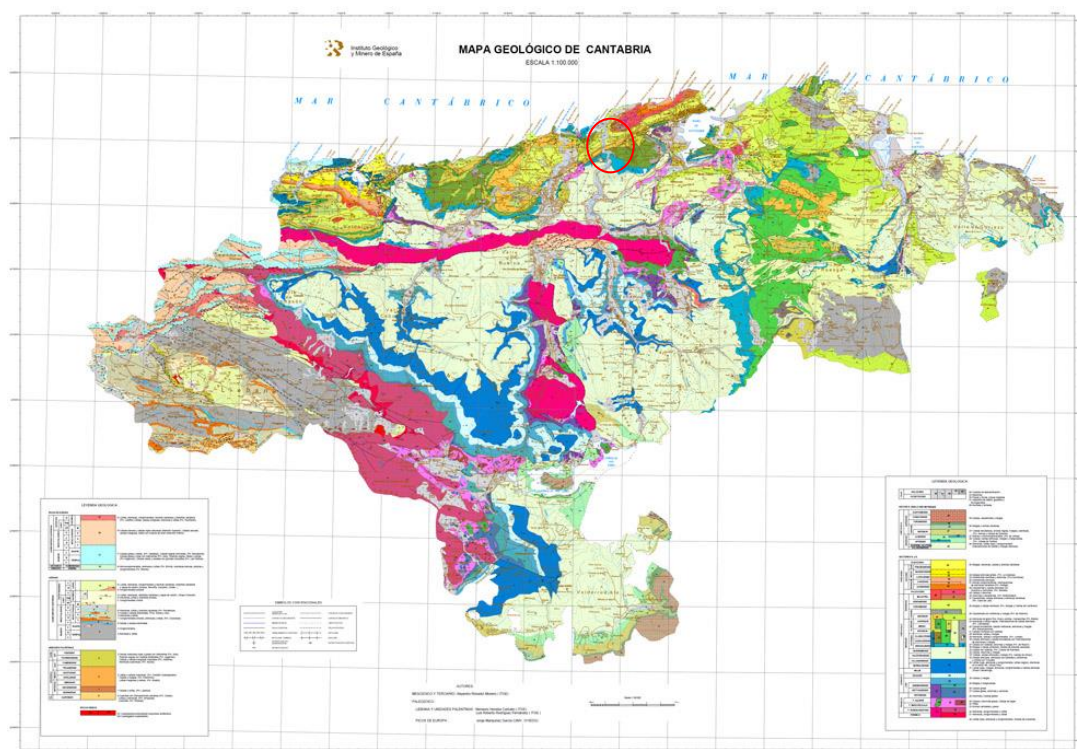


Figura 1: Mapa geológico de Cantabria del IGME

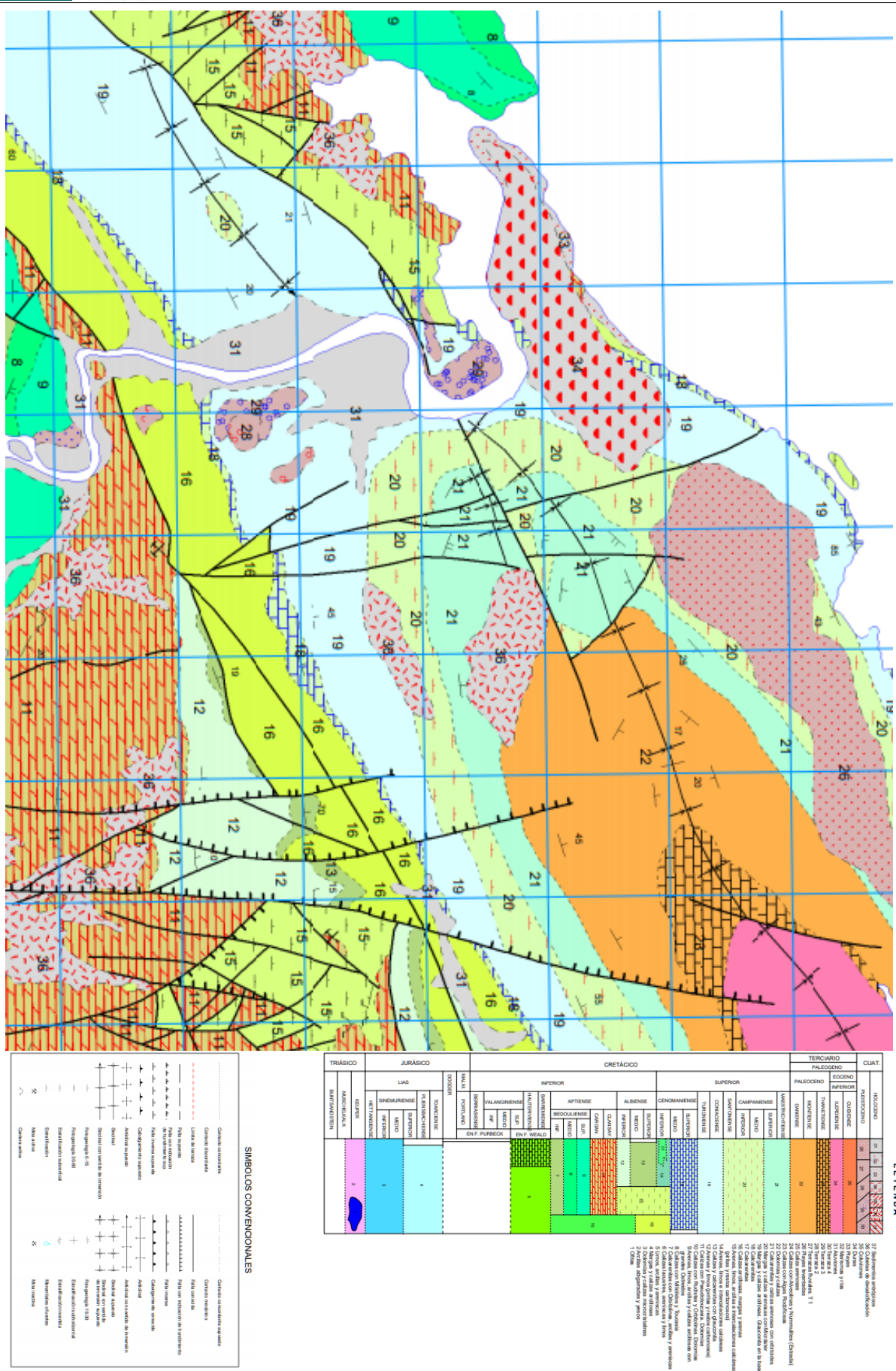


Figura 2: Mapa geológico de la zona de estudio del IGME

Puede observarse que las fallas y pliegues tienen dos direcciones predominantes: NE-SO, sensiblemente paralelas a la costa, y norte-sur.

4. ESTRATIGRAFÍA

Si se sigue el recorrido del trazado actual del ferrocarril en el subtramo Río Pas-Mogro, comenzando por su extremo sur, en la entrada a la estación de Mogro lado Oviedo, y avanzando en dirección Santander, encontramos en primer lugar formaciones del cretácico superior. Según nos desplazamos hacia el cruce sobre el río Pas, nos encontramos con formaciones cuaternarias, que se extienden en ambos márgenes del río. Si continuamos hacia Mortera, predominan de nuevo las formaciones del Cretácico, alternando de nuevo con formaciones del Cuaternario en determinadas zonas.

En el inicio de dicho recorrido, existen margas y calizas arcillosas. La permeabilidad general es baja, y la capacidad portante es media en los horizontes margosos y baja en los arcillosos. En las proximidades del río Pas, abundan los depósitos de aluviones, debido a la acción del propio río, que provoca procesos continuos de erosión y sedimentación que pueden generar una gran variabilidad e incertidumbre en lo que respecta a las características reales del terreno. Una vez cruzado el cauce, encontramos depósitos de margas, calcarenitas, calizas arenosas, dolomías y cubetas de decalcificación.

En la Figura 3 se dispone una sección estratigráfica correspondiente a la zona occidental de los bajos mareales de la ría de Mogro, próximos a la zona de interés del Anteproyecto. Encontramos una alternancia a gran escala entre unidades puramente carbonatadas (Reocín, hasta una profundidad de unos 210 metros) y otras de carácter mixto carbonatado-terrágeno (Barcenaciones, hasta aproximadamente 260 metros), las cuales se encuentran separadas entre sí por rupturas sedimentarias considerables, que suelen conllevar paleokarst y erosión. Por debajo de los 260 metros, se encuentran las areniscas y lutitas de la formación Bielva, del Albiense Superior-Cenomaniense Inferior, que pertenece al Complejo Arenisco Supraurgoniano.

En las capas cercanas a la superficie, encontramos carbonatos de textura grano-soportada y matriz micrítica (*packstone*) en los 2 primeros metros de profundidad. Por debajo, se halla un yacimiento de dolomía de más de 100 metros de espesor, lo cual es algo habitual. Este tipo de formaciones puede resultar del reemplazamiento metasomático de calcitas no cementadas en aguas poco profundas. En estos yacimientos kársticos o solubles es posible encontrar cavidades o cuevas naturales. Su disolución es capaz de generar huecos que, cuando llegan a un determinado tamaño, derivan en la rotura de la bóveda de la cavidad. En el caso de que sea poco potente o resistente, puede producirse el colapso de la superficie del terreno. Aunque no se considera necesario en el nivel de Anteproyecto, deberá estudiarse esta posibilidad en niveles posteriores. En capas inferiores, encontramos una sucesión de diferentes materiales, predominando los *packstones*, *boundstone* de rudistas y calizas, entre otros.

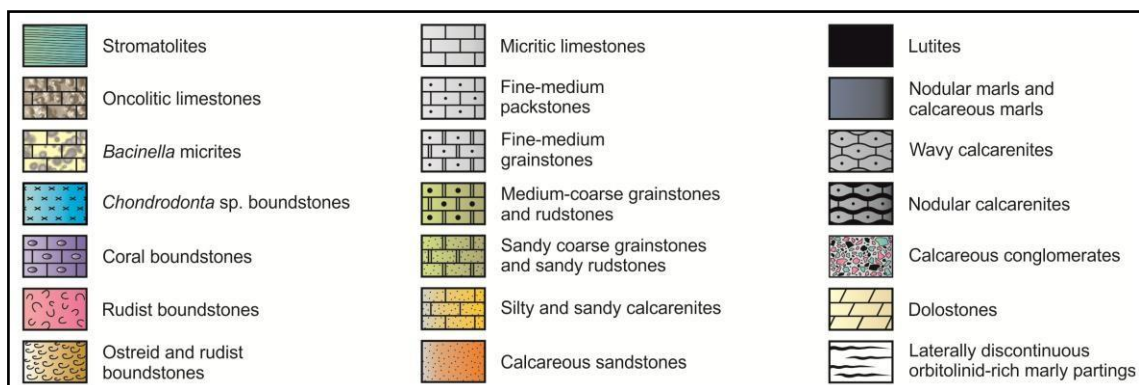
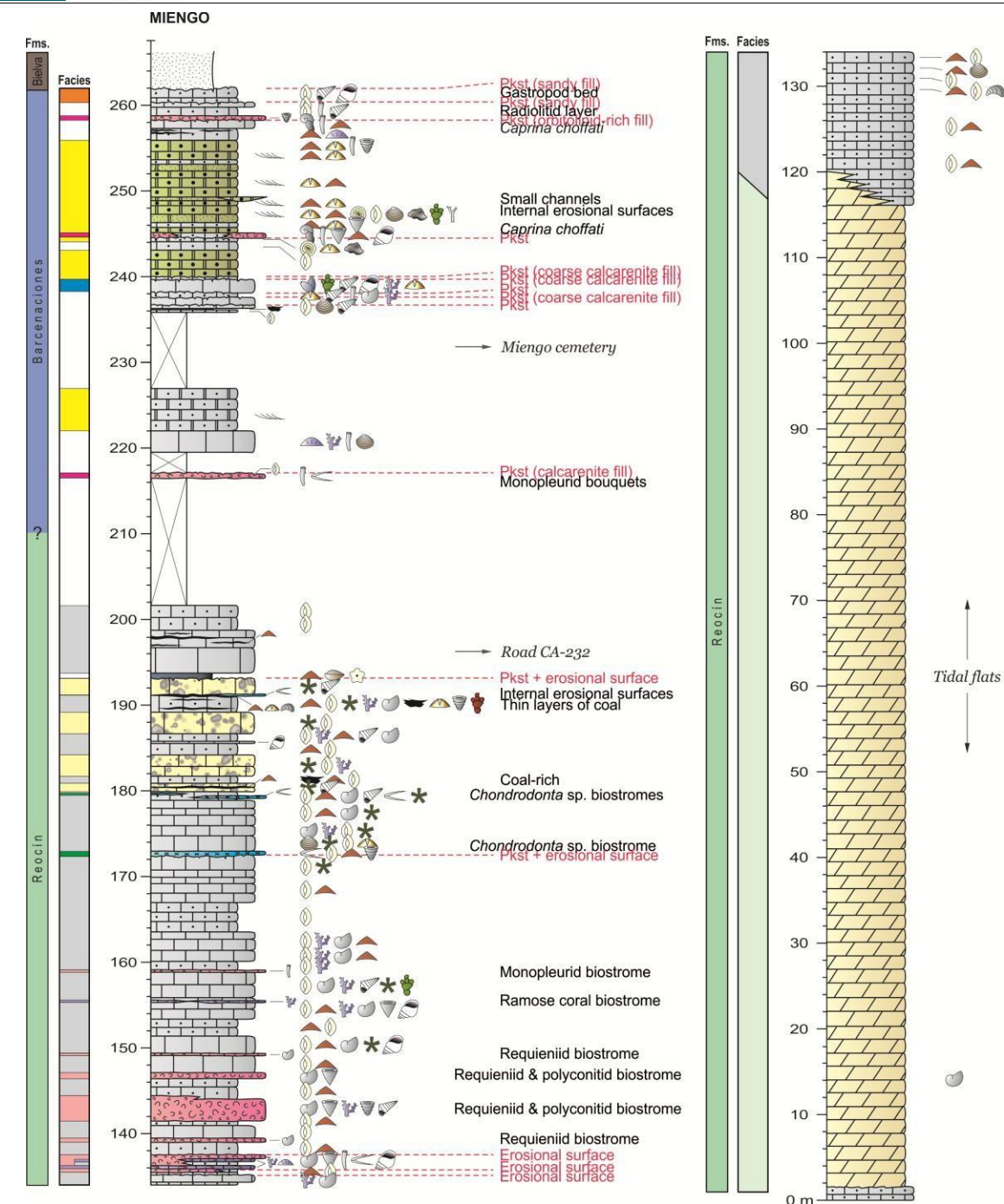


Figura 3: Columna estratigráfica de Miengo (Pérez Malo, 2017)

5. GEOMORFOLOGÍA

Observando el mapa geomorfológico (Figura 4) se aprecia que predominan en la zona las arcillas, limos, arenas, cantos y bloques, principalmente de rellenos antrópicos. También encontramos, en algunas zonas, coluviones, rellenos de vaguadas, dolinas y terrazas de gravas polimícticas y arenas. En el cauce del río Pas, se destaca el canal de marea, marismas bajas arenosas, y barras de arena. Existen varias líneas de drenaje intermitente que bajan desde las zonas altas del monte de La Picota, aproximadamente perpendiculares a la traza de la línea de ferrocarril. En la margen derecha del río Pas se ubica un montículo por acumulación artificial.

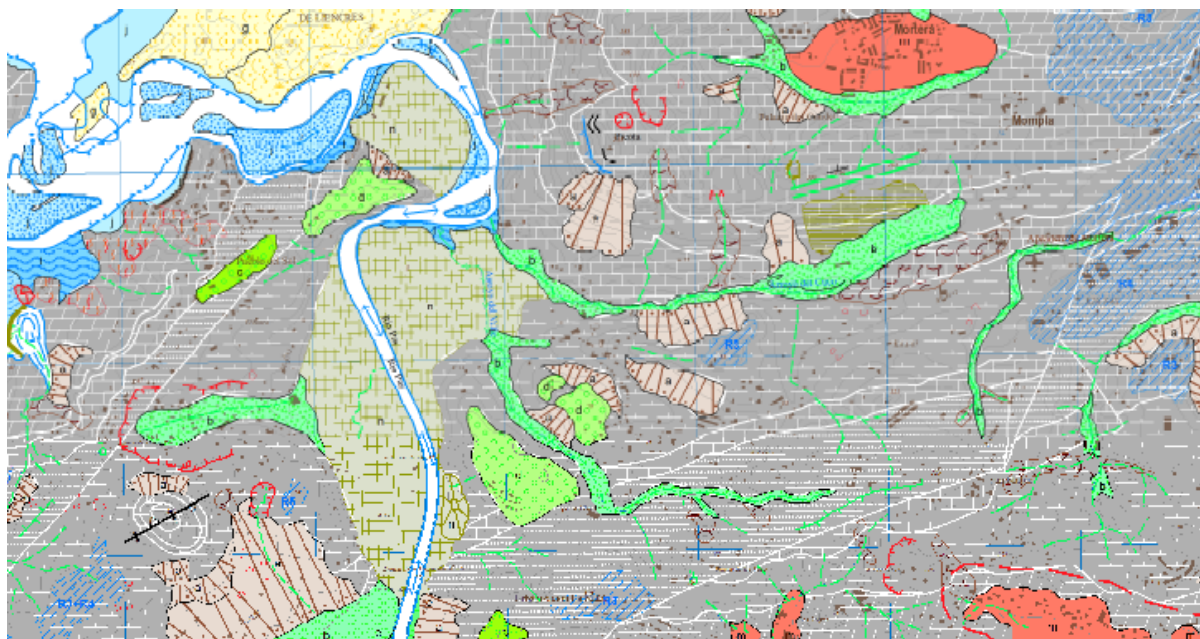


Figura 4: Mapa geomorfológico de la zona (ArcGIS)

6. HIDROGEOLOGÍA

En la zona de estudio y alrededores encontramos formaciones de tres tipos, destacando las siguientes (Figura 5):

- Permeables: calizas, dolomías y calcarenitas del Cretácico Sup-Paleoceno (5); y calizas, calcarenitas y dolomías del Aptiense (11).
- Semipermeables: areniscas, limolitas y arcillas del Cretácico Inferior-F. Wealdense (15).
- Impermeables: margas, calizas arcillosas y dolomías arcillosas del Albiense-Campaniense; y margas y arcillas del Aptiense (12).

En la Figura 5 también se puede apreciar que existen dos divisorias de aguas superficiales que cruzan la zona de estudio de norte a sur, indicando los límites de la cuenca vertiente del río Pas con la del Saja-Besaya (línea de puntos azules izquierda) y la del río Miera (línea de puntos azules derecha).

Además, también se aprecian los límites sur y oeste de la unidad de San Román, un amplio sinclinatorio en el que el único acuífero relevante se ubica en la serie calcárea cretácico-terciaria de una potencia de 400 a 500 metros. La permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento, aunque son por lo general elevados, se encuentran condicionados en su magnitud y distribución espacial por la

karstificación y fracturación de los tramos de la unidad. Este acuífero funciona en régimen libre, es recargado por la infiltración de la precipitación y se descarga a través de un conjunto de manantiales, directamente en el Mar Cantábrico, y a través de algunos arroyos de poca importancia. Los recursos del subsistema oscilan entre 4 y 10 Hm³ al año, dependiendo del método de cálculo.



Figura 5: Mapa hidrogeológico (Instituto Tecnológico Geominero de España)

7. GEOTECNIA

El terreno del medio natural, a diferencia de otros materiales que se utilizan en la construcción -tales como el acero o el hormigón-, constituye un medio discontinuo y heterogéneo, con variaciones que pueden llegar a ser importantes y complejas. Al aplicar al acero o al hormigón las leyes de la Mecánica, no deberíamos encontrar sorpresas, ya que, hasta cierto punto, controlamos sus propiedades. Por el contrario, si hacemos lo propio con el terreno, al ser este un medio heterogéneo, se debe tener mucho cuidado y determinar previamente su comportamiento real. El terreno por el que discurrirá el nuevo trazado está formado por las capas de material más recientes de la zona, cuya naturaleza depende de su origen y disposición.

En la Figura 6 se muestra un recorte del Mapa Geotécnico General, centrado en la zona de estudio, proporcionando información sobre las características del terreno de interés. Además, incluye la traza del ferrocarril existente.

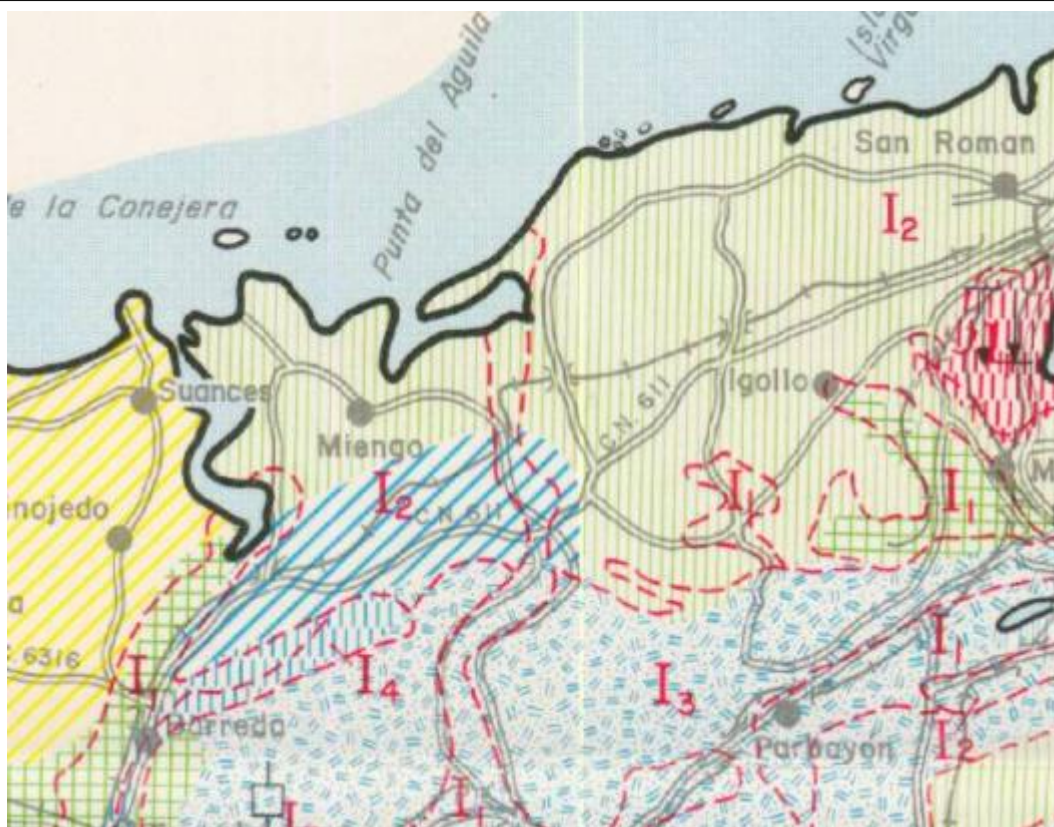


Figura 6: Mapa geotécnico general (Instituto Geológico y Minero de España)

El trazado de la línea de ferrocarril atraviesa zonas de tipo I₁ e I₂:

- I₁: materiales recientes de distinta naturaleza.
 - Aluviones y rellenos fluviales:
 - Relieve llano, estabilidad alta excepto en marismas.
 - Permeabilidad alta, el drenaje superficial será fácil, y el profundo difícil.
 - Cargas unitarias medias y bajas.
 - Asentamientos bajos y rápidos.
 - Coluviones y aluviones:
 - Relieve llano o con ligera pendiente.
 - Permeabilidad media a baja y drenaje medio a difícil.
 - Cargas unitarias bajas.
 - Asientos medios a largo plazo.
- I₂: materiales calcáreos.
 - Calizas masivas:
 - Duras y compactas, con algún punto de karst con relleno arcilloso. Suelo escaso.
 - Relieve acusado. Alta estabilidad.
 - Permeabilidad alta y drenaje fácil, con acuíferos importantes.
 - Cargas altas, asientos nulos.

- Rocas estratificadas:
 - Niveles de caliza, marga, arenisca y dolomía. Suelo arcilloso de espesor variable.
 - Relieve ondulado, con estabilidad alta.
 - Semipermeables, drenaje fácil.
 - Cargas medias, asentamientos inapreciables.

La mayoría del trazado presenta condiciones constructivas aceptables, con problemas de tipo geomorfológico. Por otro lado, el extremo sur de la traza presenta condiciones constructivas desfavorables, con problemas de tipo litológico. Dado que toda la obra de infraestructura “relevante” se desarrolla en la zona de condiciones constructivas aceptables, se considera que no deberían producirse problemas en la ejecución por motivos geotécnicos. En la zona de condiciones constructivas desfavorables tan solo se ubica la transición entre la nueva infraestructura y la línea existente, por lo que las exigencias serán menores, no debiéndose producir tampoco problemas de esta índole si se toman las medidas apropiadas -que no se espera sean notablemente complejas o impliquen un aumento en el coste de la obra-.

8. SISMICIDAD

8. 1. Antecedentes

La región en la que se encuentra la zona de estudio no destaca por tener una actividad sísmica notable. El sismo de mayor importancia registrado por el Instituto Geográfico Nacional en la comunidad autónoma de Cantabria tuvo lugar el 16 de octubre de 1938, en Valle de Carriedo, con una magnitud de 4,9 en la escala de Richter. El terremoto más reciente que se ha registrado con epicentro en dicha comunidad autónoma ocurrió el 22 de marzo de 2018, en Castro-Urdiales, de magnitud 2,7 en la escala de Richter.

8. 2. Normativa aplicable

La Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) tiene por objeto facilitar los criterios a seguir en el territorio nacional a la hora de considerar los efectos sísmicos en el proyecto, construcción, reforma y conservación de edificaciones y obras, a fin de evitar la pérdida de vidas humanas y reducir los posibles daños y costes económicos que puedan resultar de futuros terremotos.

8. 3. Clasificación de las construcciones

Según la NCSE-02, de acuerdo con el uso a que se destinan, con los daños que puede provocar su destrucción e independientemente del tipo de obra de que se trate, las construcciones se clasifican en:

- De importancia moderada: aquellas que tienen probabilidad despreciable de que su destrucción por un terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
- De importancia normal: aquellas cuya destrucción por un terremoto pueda provocar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas

económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

- De importancia especial: aquellas cuya destrucción por un terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planeamiento urbanístico y documentos públicos análogos, y/o en reglamentaciones más específicas (hospitales, centrales nucleares, monumentos históricos, etc.).

De acuerdo con esta clasificación, el tramo Mogro-Mortera de la línea Oviedo-Santander se incluye en el grupo de importancia normal.

8. 4. Aplicación de la norma

La aplicación de la NCSE-02 no es obligatoria en las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a $0,04g$, donde g es la aceleración de la gravedad. En la Figura 7 se puede observar que la zona del tramo de diseño entra dentro de esta excepción.

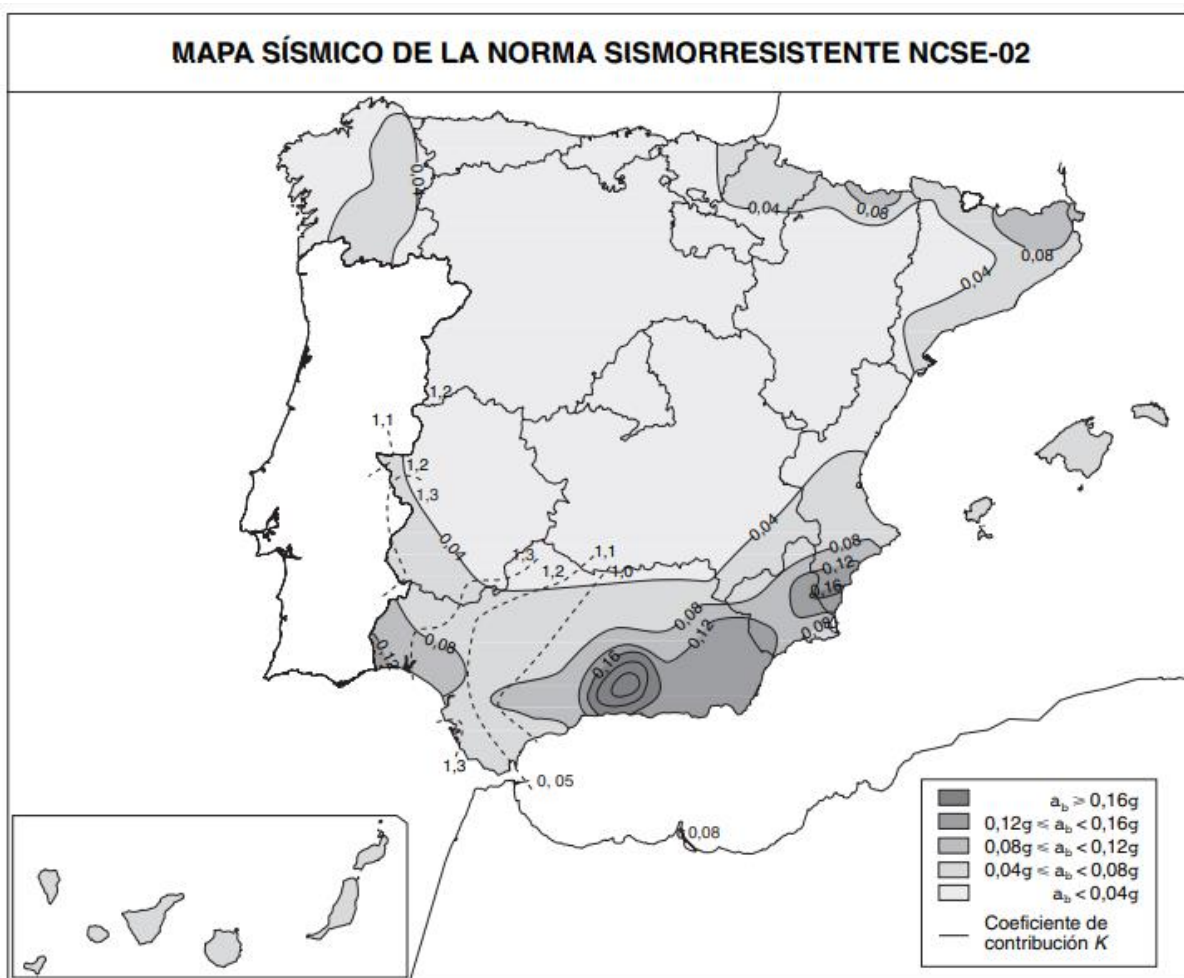


Figura 7: Mapa sísmico de la norma sismorresistente NCSE-02

ANEJO Nº9: IMPACTO AMBIENTAL

Índice

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	2
2. ANÁLISIS DEL MEDIO	2
2. 1. Delimitación	2
2. 2. Descripción del medio.....	3
2. 2. 1. Clima	3
2. 2. 2. Geología y geomorfología	3
2. 2. 3. Hidrología e hidrogeología.....	4
2. 2. 4. Flora, fauna y vegetación	4
2. 2. 5. Medio social	5
3. INVENTARIO DE ÁREAS DE INTERÉS.....	6
3. 1. Áreas de interés natural.....	7
3. 1. 1. Dunas de Liencres y Estuario del Pas	7
3. 1. 2. Río Pas	8
3.2. Puntos de interés cultural.....	9
3. 2. 1. Palacio de los Condes de Mortera	9
4. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	10
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. CONCLUSIONES.....	16

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La evaluación de impacto ambiental es un procedimiento cuya función consiste en predecir y dar cuenta de los efectos que un proyecto determinado puede provocar en el medio ambiente. De esta forma, la evaluación de impacto ambiental forma parte de un proceso más extenso, unido directamente a la toma de decisiones sobre la conveniencia o no de la ejecución de un determinado proyecto.

El objetivo principal del presente anejo radica en la elaboración de un análisis ambiental en la zona de la actuación y su entorno, a fin de proporcionar una serie de indicaciones sobre los factores medioambientales que pueda servir de apoyo en la subsecuente toma de decisiones relacionadas con el rediseño de la línea de ferrocarril existente entre Mogro y Mortera.

En esta fase, el análisis se centra en enumerar las zonas y enclaves con un valor ambiental destacable, que hayan de ser protegidos de eventuales actuaciones, mitigando de esta forma la probabilidad de ejercer impactos críticos sobre la región bajo estudio. Dichas zonas de interés ambiental han sido seleccionadas de acuerdo con los siguientes criterios:

- Zonas protegidas o en trámite de declaración como protegidas, según las diferentes Administraciones.
- Formaciones vegetales en buen estado de conservación, representativas de alguna de las regiones climáticas de España, o que son hábitat de un número considerable de especies singulares.
- Zonas que albergan vertebrados endémicos o en peligro de extinción.
- Áreas con características geológicas, hidrogeológicas o geomorfológicas singulares.
- Lugares de especial interés cultural, incluyendo los monumentos declarados que se sitúan en la vecindad del trazado de la línea y otros elementos históricos y/o artísticos de valor destacable.

Adicionalmente, se recoge la lista de potenciales impactos ambientales de la alternativa de diseño escogida mediante el análisis multicriterio incluido en la Memoria del presente Anteproyecto. En la Memoria, dicha lista incluye una breve valoración de las nueve alternativas de diseño para el subtramo Mogro-Río Pas, que en este caso se adapta a la solución escogida para dicho subtramo, y las actuaciones de renovación de superestructura en el subtramo Río Pas-Mortera.

2. ANÁLISIS DEL MEDIO

2. 1. Delimitación

El entorno de proyecto se define como la parte del ambiente que interactúa con éste en términos de entradas (recursos, mano de obra, espacio, etc.) y salidas (productos, empleo, efluentes, etc.) y, por lo tanto, como previsor de oportunidades, generador de condicionantes y receptor de efectos. La extensión geográfica del entorno está formada por el área de extensión de las interacciones a evaluar y, por lo tanto, se delimita por la envolvente del territorio afectado.

El ámbito territorial de las actuaciones se ubica en la comunidad autónoma de Cantabria, en los municipios de Miengo, Piélagos y Santa Cruz de Bezana. Los núcleos de población más destacables por los que discurre la línea de ferrocarril actual son el Barrio de La Estación de Mogro (Miengo), Boo de Piélagos (Piélagos) y Mompía (Santa Cruz de Bezana).

2. 2. Descripción del medio

El territorio donde se ubican las actuaciones potenciales está caracterizado por la combinación de diferentes tipologías de espacios naturales, típicos de la franja costera cántabra: relieves alomados, playas y dunas, acantilados, etc.

2. 2. 1. Clima

La región presenta un clima oceánico, templado y húmedo, sin estación seca y con verano templado. Las oscilaciones de la temperatura son pequeñas a moderadas, tanto en la escala diaria como en la escala anual. La humedad relativa es elevada a lo largo del año, en el rango de 70-80%. Debido a la presencia de la corriente del Golfo, la región goza de unas temperaturas más suaves que otros territorios en latitudes similares.

La temperatura media anual en la zona es de 14,5°C, con una máxima media de 18,5°C y una mínima media de 10,5°C.

Las precipitaciones registradas son en su gran mayoría en forma de lluvia, con 1129 mm anuales de promedio. El mes más lluvioso es noviembre, con 157 mm de media. El número medio de días de nevadas es de 0,9 días al año. La máxima precipitación registrada en 24 horas es de 134,4 mm, correspondiente al mes de agosto.

En lo relativo a la atmósfera, se han evaluado factores como los niveles de emisiones de gases contaminantes o ruidos, así como su localización y niveles.

2. 2. 2. Geología y geomorfología

La zona de estudio se encuadra en la zona central de la franja costera de Cantabria, caracterizada por relieves suaves y alomados en toda su extensión. Encontramos en la zona formaciones pertenecientes al Triásico, Cretácico, Paleoceno y Cuaternario, si bien en los terrenos más próximos a la traza predominan las formaciones cretácicas y cuaternarias.

En las superficies próximas al río Pas es donde encontramos un mayor dominio de las formaciones del Cuaternario, mientras que las del Cretácico aparecen a medida que nos alejamos del mismo. Predominan las margas, calizas y dolomías.

Existe una alternancia a gran escala entre unidades puramente carbonatadas (Reocín, hasta unos 210 metros de profundidad) y otras de carácter mixto carbonatado-terrágeno (Barcenaciones, hasta aproximadamente 260 metros). Dichas unidades están separadas entre sí por rupturas sedimentarias destacables, que suelen conllevar paleokarst y erosión.

Partiendo de la superficie hacia capas más profundas, en primer lugar, hallamos carbonatos de textura grano-soportada y matriz micrítica en una capa de 2 metros de espesor. Debajo de la misma, se encuentra un profundo yacimiento de dolomía que supera los 100 metros de espesor. Este tipo de formaciones puede dar lugar a cavidades o cuevas naturales, cuyos huecos pueden dar pie al colapso de la superficie del terreno.

La franja costera presenta en esta zona una serie de fallas y pliegues en dirección NE-SO, sensiblemente paralelas a la costa, y norte-sur.

En lo que respecta a la geomorfología, encontramos rellenos antrópicos de arcillas, limos, arenas, cantos y bloques. También existen en la zona coluviones, rellenos de vaguadas, dolinas y terrazas de gravas polimícticas y arenas. En el cauce del Pas, además del canal de marea, hallamos marismas bajas arenosas y barras de arena.

2. 2. 3. Hidrología e hidrogeología

La zona de interés se encuentra en la cuenca vertiente del río Pas, con una extensión de 661 km². Dicho río tiene 61 kilómetros de longitud, y es uno de los más importantes de la región. Debido a la proximidad del Mar Cantábrico, se produce la entrada de agua marina en el estuario de la ría de Mogro, especialmente durante la pleamar.

La zona de estudio se ubica, a su vez, sobre la unidad de San Román, que cuenta con un acuífero destacable que funciona en régimen libre.

2. 2. 4. Flora, fauna y vegetación

La vegetación de la región muestra un alto grado de antropización, al igual que gran parte de la franja costera cantábrica, siendo dominantes los prados de siega, asentados sobre suelos ricos y profundos, constituidos por una gran diversidad de gramíneas y leguminosas. En las zonas más llanas, especialmente en la proximidad de núcleos rurales, encontramos huertos intensivos explotados en régimen autárquico.

Los matorrales más habituales en la región están constituidos por tojo (*Ulex europaeus*) o brezo (*Erica vagans*), sobre suelos ácidos. También encontramos encina (*Quercus ilex*) y madroño (*Arbutus unedo*), habitualmente sobre calizas.

La masa arbolada más destacable es el Pinar de Lienres, en el Parque Natural de las Dunas de Lienres, que fue reforestado durante varios años en gran parte de su extensión. Destaca el pino marítimo (*Pinus pinaster*), aunque también encontramos pino piñonero (*Pinus pinea*) y pino de Monterrey (*Pinus radiata*).

La presencia de fauna se ve reducida por los suelos arenosos, los ambientes salinos y los fuertes vientos. Las zonas de mayor relevancia están relacionadas con el medio marino -playas, acantilados, y la ría de Mogro-. Es digna de mención la presencia de aves nidificantes y migratorias (que abundan en las migraciones de primavera y otoño). Observamos aves como el avetorillo (*Ixobrychus minutus*), el zarapito real (*Numenius arquata*), el zampullín chico (*Tachybaptus ruficollis*) y gaviotas (*Larus*

ridibundus, *Larus fuscus*, *Larus cachinnans*), entre muchas otras. Anátidas, garzas y limícolas utilizan el Parque Natural como zona de paso. Otras especies singulares, como el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) o el cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*).

También debe mencionarse la presencia de reptiles como lagartos, culebras y víboras, o mamíferos como el erizo común, el ratón de campo, la musaraña común, la comadreja, etc.

2. 2. 5. Medio social

La región es fuertemente dependiente de tres sectores económicos: la construcción, el sector industrial, y el sector terciario. El auge del sector turístico ha venido acompañado de dos fenómenos principales: una reducción en la actividad agraria y un aumento del sector servicios. La tasa de paro varía entre los tres municipios que atraviesa el trazado (datos de 2020): Santa Cruz de Bezana, 11,65%; Piélagos, 11,91%; y Miengo, 15,90%. La tasa de paro regional es del 11,9%, inferior a la tasa nacional, siendo una de las comunidades autónomas con menor porcentaje de paro. La renta bruta media en los municipios en 2018 era la siguiente (Agencia Tributaria, 2018):

- Santa Cruz de Bezana: 31770 € (+0,33% con respecto al año anterior).
- Piélagos: 28259 € (+2,41 € con respecto al año anterior).
- Miengo: 24857 € (+0,54% con respecto al año anterior).

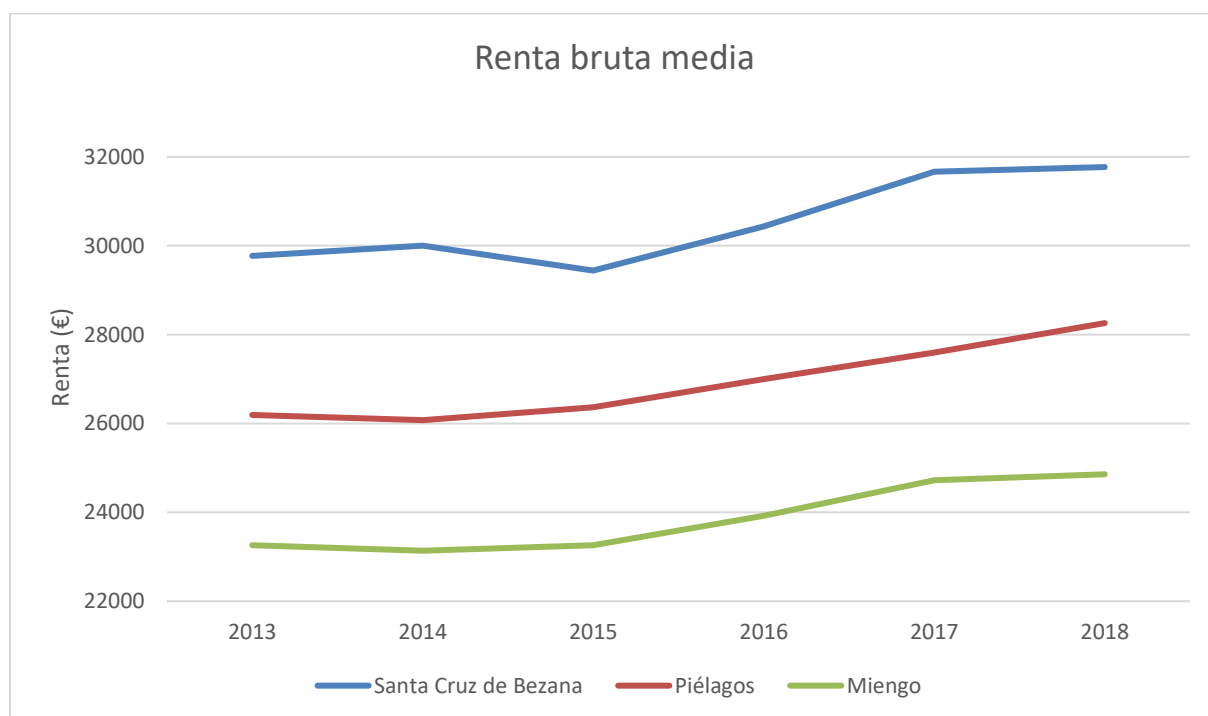


Figura 1: Evolución de la renta bruta media por municipios

A diferencia de otras regiones de España, el territorio se caracteriza por la presencia de pequeños núcleos de población, encontrándose gran parte de la población dispersa. Los municipios con estación en la línea han visto crecer su población en los últimos años, especialmente por el asentamiento de trabajadores que se desplazan a diario de su municipio de residencia a su lugar de trabajo, así como

sus familias, debido a la mayor calidad de vida y el menor coste de vida en estos municipios del área metropolitana de Santander-Torrelavega.

Con datos de 2020 (INE, 2020), la población de los municipios de la traza era la siguiente:

- Santa Cruz de Bezana: 13088 habitantes.
- Piélagos: 25731 habitantes.
- Miengo: 4891 habitantes.

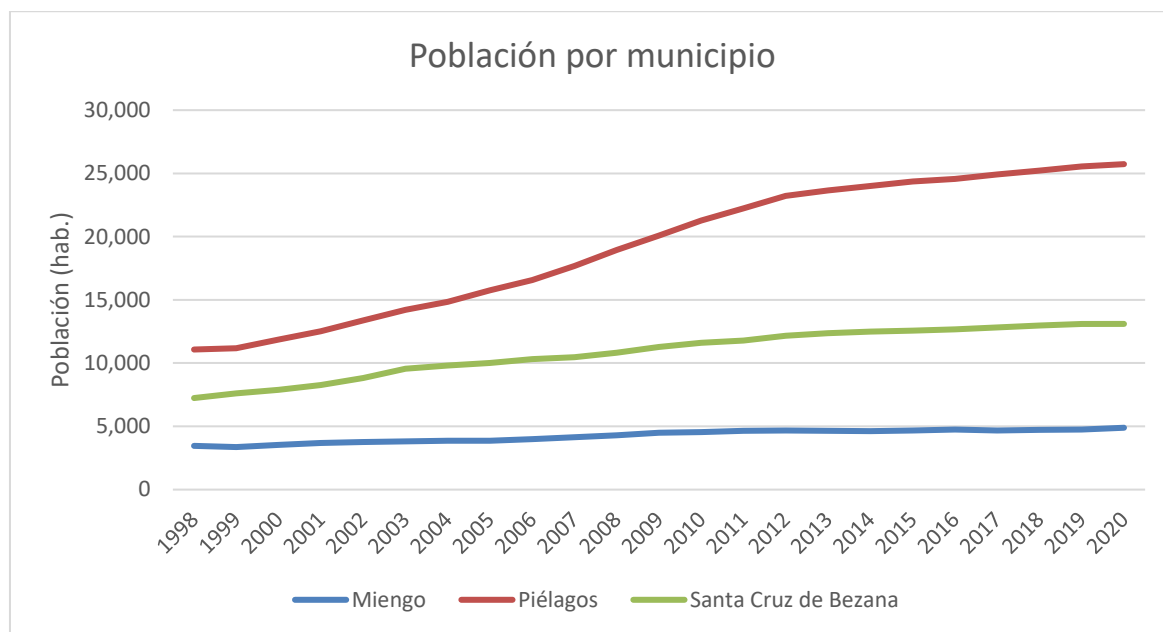


Figura 2: Evolución de la población por municipios

Debido a sus reclamos turísticos y a tratarse de una de las salidas al mar más directas desde las provincias de interior cercanas (Palencia, Burgos, Valladolid, etc.), la zona ve su población significativamente incrementada durante los meses de verano, ayudada por la multitud de segundas residencias presentes en ella.

Los mayor parte del suelo del territorio se encuentra destinado a la agricultura y a fines residenciales y comerciales. Aunque es extensa la superficie destinada a actividades agrícolas, existen problemas derivados del minifundismo y la excesiva parcelación de las explotaciones, provocada en parte por la demanda de suelo turístico y residencial para edificación.

Cabe destacar el caso de la urbanización del Alto del Cuco, a los pies del Monte de La Picota, muy próxima a la traza de la línea de ferrocarril Oviedo-Santander, que tuvo que ser demolida en el año 2016 debido a su impacto en el medio ambiente y la calidad paisajística del entorno.

3. INVENTARIO DE ÁREAS DE INTERÉS

A continuación, se muestran los resultados del proceso de realización del inventario, que se encuentran agrupados en zonas o enclaves característicos.

Las áreas de **interés natural** se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Nombre.
- Protección: hace referencia a la existencia en la zona de alguna figura jurídica de protección.
- Interés del área: aquellas características o aspectos por los que el área ha sido incluida en el inventario. Se consideran los siguientes aspectos: paisajístico, botánico, faunístico y geológico.
- Descripción del área: incluyendo la situación, los principales tipos de hábitat, así como un breve resumen que incluya la información más relevante.

Los puntos de **interés cultural** se caracterizan por la siguiente información:

- Nombre.
- Población en la que se encuentra.
- Municipio en el que se encuentra.
- Breve descripción.

3. 1. Áreas de interés natural

3. 1. 1. Dunas de Liencres y Estuario del Pas

Protección: Zona de Especial Conservación (ZEC) de la Red Natura 2000, y Parque Natural (en el territorio ocupado por el Parque Natural de las Dunas de Liencres).

Interés del área: geológico, botánico y paisajístico.

La ZEC Dunas de Liencres y Estuario del Pas se ubica en la zona central de la costa cántabra, abarcando los tres municipios por los que se desarrolla la traza del tramo Mogro-Mortera: Miengo, Piélagos y Santa Cruz de Bezana. El 7 de diciembre de 2004 fue incorporado a la lista de Lugares de Importancia Comunitaria de la Región Biogeográfica Atlántica, con una extensión de 576,1 ha, que llegan a un total de 3759,4 ha si incluimos la zona periférica de protección. El límite sur de la zona coincide con el puente de la línea Oviedo-Santander sobre el río Pas.

Se trata de una de las zonas de mayor belleza paisajística de la región, gracias a la combinación de las playas de Valdearenas y Canallave, las dunas que se extienden tras las mismas, flanqueadas por el Pinar de Liencres. Si bien se ubica a mayor distancia de la traza del ferrocarril, el Parque Natural de las Dunas de Liencres se encuentra en toda su extensión dentro de los límites de esta ZEC, constituyendo un 40% de su territorio. También ha sido incluido en el Inventario Nacional de Puntos de Interés Geológico del Instituto Geológico y Minero de España, lo que da cuenta del interés geológico de la zona. El espacio presenta 47 formaciones vegetales, incluyendo 23 hábitats de interés comunitario.

En lo que se refiere a los hábitats, destaca la superficie ocupada por los hábitats relacionados con las aguas marinas y medios de marea, que suponen el 46% de la superficie total de la ZEC (estuarios,

10,4%; llanos fangosos o arenosos, 31,1%; arrecifes, 5%). También ocupan una zona extensa los hábitats dunares (10% en superficie) y los brezales y matorrales (un 5%). La fauna más destacable se compone de salmón (*Salmo salar*), madrilla (*Parachondrostoma miegii*), varias especies de murciélagos, el ciervo volante (*Lucanus cervus*), el sapillo pintojo ibérico (*Discoglossus galganoi*) y el lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*).

El estado del área es favorable en lo que respecta al equilibrio sedimentario, la conectividad eólica, los cambios de usos del suelo, la riqueza de las formaciones vegetales y el estado de la cobertura vegetal general.

Sin embargo, los procesos hidrológicos-hidrodinámicos presentan notables alteraciones en el estuario de Mogro, con resultados deficientes en cuanto a los aportes fluviales y la dinámica mareal, e insuficientes en cuanto al estado de la conectividad.

La valoración deficiente de los aportes fluviales en el estuario de Mogro viene dada por la alteración de los aportes de caudales provenientes del río Pas. La dinámica mareal resulta deficiente por la presencia de diferentes rellenos y alteraciones hidrodinámicas en el área, que han derivado en una alteración del prisma de marea que supera el 9%. La valoración insuficiente de la conectividad se debe a las deficiencias en la conectividad de los caudales sólidos.

En cuanto a los procesos geomorfológicos, los rellenos recuperables localizados en el entorno de la ría de Mogro hacen que la valoración de los cambios morfológicos resulte insuficiente.

3. 1. 2. Río Pas

Protección: Zona de Especial Conservación (ZEC) de la Red Natura 2000.

Interés del área: faunístico y botánico.

La ZEC del Río Pas se encuentra en la Región Biogeográfica Atlántica, dentro de la cuenca hidrográfica homónima. Este espacio se extiende por un total de 13 municipios, entre los que se incluyen Miengo y Piélagos, en la zona de estudio, y, por su extensión, Luena, San Pedro del Romeral y Saro, entre otros. La extensión del espacio Natura es de 978 ha, que se amplía hasta 8021 ha si incluimos la zona periférica de protección. El límite norte de la zona coincide con el puente de la línea Oviedo-Santander sobre el río Pas. Fue declarado el 7 de diciembre de 2004.

Además del cauce del río Pas, la ZEC incluye los siguientes cauces: los ríos Pisueña, Troja, Barcelada y Yera, y los arroyos Magdalena, Jaral y Aján. En todos los casos enumerados, la anchura de la zona protegida incluye una banda fija de 25 metros lineales que se extienden a ambos lados del cauce.

La cuenca del río Pas, con una extensión total de 661 km², es la segunda en superficie de la vertiente norte de Cantabria. La zona sur, correspondiente al curso alto, cuenta con un relieve más

escarpado, propio de la Cordillera Cantábrica. Según nos movemos en dirección norte, buscando el Mar Cantábrico, encontramos abundantes valles y zonas más llanas. La zona en la que coinciden la ZEC con la traza del ferrocarril se encuentra en el curso bajo, muy cercana a la desembocadura del río en el mar. Es una zona llana en la que el terreno presenta cotas muy bajas, próximas al nivel del mar, y que está rodeada de zonas con orografía a mayor altura.

El espacio protegido contiene 64 formaciones vegetales, de las cuales 18 son hábitats prioritarios y de interés comunitario, ocupando un 25% de la superficie total. Las alisedas-fresnedas (bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior*) son el hábitat con mayor extensión, de 178 ha ó un 19% del total. También son abundantes los brezales secos europeos. El resto de la superficie está constituida, principalmente, por prados de siega, zonas de robledal y cauce fluvial sin vegetación reconocible. La fauna más destacable de la ZEC incluye el salmón atlántico (*Salmo salar*), el desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*), la nutria (*Lontra canadensis*), la madrilla (*Parachondrostoma miegii*), y el cangrejo de río (*Austropotamobius pallipes*).

El estado del área en la zona de estudio es favorable en lo que respecta a la calidad de la estructura física del cauce y el estado de las comunidades de productores (bosque de ribera).

Por el contrario, es desfavorable en lo referente a la integridad del régimen de caudales, la conectividad fluvial lateral y longitudinal -por las excesivas alteraciones y fijaciones de margen, y azudes-, el estado de las comunidades de peces y el estado de las comunidades de macroinvertebrados.

La valoración es insuficiente en cuanto a la modificación de la estructura física del cauce.

3.2. Puntos de interés cultural

La zona de estudio no destaca por un elevado número de sitios de valor monumental y arqueológico. Si se considera una franja de 1 kilómetro a ambos lados de la traza, solamente encontramos un punto de interés cultural.

3. 2. 1. Palacio de los Condes de Mortera

Población: Mortera.

Municipio: Piélagos.

Descripción: Edificación levantada conforme a los parámetros estéticos historicistas y pintoresquistas típicos de la arquitectura del siglo XIX -en el cual fue construido- y principios del siglo XX. Se accede al mismo por una portalada inspirada en las erigidas en la Edad Moderna, y cuenta con un amplio jardín. Se encuentra en la actualidad en estado de abandono.

4. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Al nivel de Anteproyecto no se va a realizar una caracterización completa de los impactos ambientales que puedan provocar las actuaciones, solamente se van a enumerar brevemente los impactos esperables en las diferentes fases. Los impactos ambientales negativos, de acuerdo con la Ley 21/2013, de 9 de Diciembre, de Evaluación ambiental, se clasifican en:

- Impacto ambiental **compatible**: Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa medidas preventivas o correctoras
- Impacto ambiental **moderado**: Aquel cuya recuperación no precisa medidas preventivas o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.
- Impacto ambiental **severo**: Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige medidas preventivas o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.
- Impacto ambiental **crítico**: Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

Además, se ha incluido la categoría de impacto ambiental nulo, para aquellas categorías que no se vean afectadas de forma directa o indirecta por las actividades realizadas; y la categoría favorable, para aquellas que supongan una mejora con respecto a las condiciones actuales.

- **Calidad del aire y cambio climático**: durante la ejecución de las obras, se emitirán partículas de polvo debido al movimiento de tierras, desmontajes, demoliciones y al desplazamiento de maquinaria y otros vehículos sobre superficies no pavimentadas. Estas prácticas podrían generar molestias alrededor de áreas pobladas y efectos en la flora y fauna. Además, se emitirán gases contaminantes derivados de la combustión en los motores de vehículos y maquinaria. Debido a la naturaleza de las obras, que no requieren de grandes movimientos de tierras de forma continuada, la densidad de maquinaria no será excesiva, por lo que este tipo de impactos no serán destacables. Durante la fase de explotación, se producirán emisiones derivadas de la circulación de trenes de tracción diésel o diésel-eléctrica, tal y como ocurre en la actualidad. Si se adoptan las medidas de control y salvaguardia de la calidad ambiental, que son incorporadas sistemáticamente a los proyectos, no debería producirse ningún riesgo ambiental significativo en estas operaciones, que son, cualitativamente, de tipo convencional, y cuantitativamente, de envergadura escasa a moderada. El impacto será, por tanto, COMPATIBLE.
- **Calidad lumínica**: la contaminación lumínica que podría producirse durante la construcción y la explotación se considera baja por dos motivos. En primer lugar, la naturaleza de las obras en el subtramo Mogro-Río Pas hace que la circulación ferroviaria se tenga que desviar o suspender durante su duración, por lo que los trabajos no tendrían por qué producirse en horario nocturno, salvo que se estime oportuno para reducirse la duración total de los mismos. En segundo lugar, al ubicarse los trabajos en ese subtramo fuera de núcleos poblacionales destacados, incluso en el caso de trabajarse durante la

noche, las molestias serían mínimas en este sentido. En el caso de la renovación de la superestructura en el subtramo Río Pas-Mortera, es muy probable que las operaciones deban realizarse en horario nocturno para minimizar las afecciones al servicio de cercanías, pero la reducida duración de los trabajos y la naturaleza de los mismos hace que se considere este impacto como moderado. Durante la explotación ocurre algo similar, ya que la práctica totalidad de las circulaciones se producen en horarios en los que la contaminación lumínica no debería suponer un inconveniente notable, y los impactos serían similares a los actuales. El impacto será, por tanto, COMPATIBLE.

- **Calidad acústica y vibraciones:** las operaciones que podrían generar impactos de esta categoría en la fase de ejecución son las que se han mencionado previamente: movimientos de tierras, desplazamientos de vehículos y maquinaria, demoliciones, etc. Solamente se estima que podrían ser considerables las molestias generadas por las operaciones de demolición necesarias, que en cualquier caso serían de corta duración. El resto de actividades no suponen un aumento considerable con respecto de los niveles de ruido y vibración existentes, al desarrollarse los trabajos en la vecindad de una línea ferroviaria existente. Durante la fase de explotación, los ruidos y vibraciones generados serán similares a los existentes en la actualidad. El impacto será, por tanto, MODERADO.
- **Espacios naturales de interés:** tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, en las proximidades de la zona de interés se ubica el Parque Natural de las Dunas de Liencres, aunque a una distancia lo suficientemente lejana como para considerar que no habría un impacto significativo sobre el mismo. A su vez, la línea de ferrocarril existente se encuentra en el límite sur de la Zona especial de conservación de las Dunas de Liencres y Estuario del Pas, y en el límite norte de la ZEC Río Pas. Ambas, en esta zona, abarcan exclusivamente el cauce normal del río Pas. Debido a la disposición geográfica de ambas zonas, es imposible dar continuidad a la línea Oviedo-Santander sin atravesarlas. Deberán adoptarse las medidas oportunas para mitigar los impactos sobre los hábitats y especies existentes. El impacto será, por tanto, SEVERO.
- **Fauna:** se han considerado dos impactos principales. Por un lado, el efecto barrera durante la construcción y tras ésta: existirá un efecto notable en la fase constructiva, desapareciendo en la fase de explotación, debido a la naturaleza de la infraestructura de tipo viaducto. Por otro lado, la fauna del río Pas (considerada zona de protección de peces, en su curso bajo, y de moluscos y otros invertebrados, en la ría de Mogro) se podría ver afectada durante la fase de ejecución. En lo que respecta a la ocupación permanente de hábitats, el impacto podría considerarse hasta positivo, debido a la liberación de espacios que se producirá fruto del desmantelamiento de la línea existente y del hecho de que la línea discurre independientemente del terreno, a varios metros sobre el mismo en la mayor parte del subtramo de nueva construcción. En el subtramo Río Pas-Mortera, los impactos son despreciables. El impacto será, por tanto, MODERADO.

- **Geología y geomorfología:** la zona ocupada por la nueva infraestructura carece de lugares de interés geológico, por lo que los posibles impactos vendrán dados por modificaciones a la estructura actual del terreno provenientes de la propia infraestructura y los movimientos de tierras. Dado que en la actualidad ya existen las alteraciones producidas por la infraestructura existente, este tipo de impactos se consideran bajos a moderados. El impacto será, por tanto, COMPATIBLE.
- **Hidrogeología:** la zona en la que se desarrollarán los trabajos está dominada por suelos cuaternarios semipermeables, y situada sobre la unidad de San Román -incluida en las zonas protegidas por captaciones de agua subterránea para abastecimiento-, que cuenta con un único acuífero importante, que funciona en régimen libre. Por ello, es importante tomar medidas que eviten el vertido de sustancias contaminantes durante los trabajos. El potencial impacto es similar en todas las alternativas. Una de las principales fuentes de contaminación de las aguas es la fuga accidental de productos contaminantes, que proceden sobre todo de la maquinaria. Este tipo de incidencias no presentan especial riesgo en las actuaciones consideradas, ya que no precisan de grandes concentraciones de maquinaria ni del uso de materiales o productos tóxicos o contaminantes que representen riesgos especiales. El impacto será, por tanto, MODERADO.
- **Hidrología superficial:** las obras de modificación o construcción de trazados ferroviarios puede afectar a la hidromorfología de cauces naturales (ríos, arroyos, etc.) o artificiales (canales, acequias, etc.), debido a la instalación de obras de drenaje, pilas de viaductos, defensas, etc. Todo ello puede modificar la hidrodinámica de los cauces, y a su vez inducir cambios en los hábitats, la flora y la fauna. Las actuaciones previstas no deben suponer impactos significativos en este sentido, ya que se desarrollan en su mayoría dentro de los límites del dominio ferroviario, cuya plataforma está diseñada para salvar los cursos de agua existentes. La excepción la encontramos en la parte del subtramo Mogro-Río Pas de nuevo trazado, que no ha de suponer grandes perturbaciones en la fase de explotación por ser de tipo viaducto, y el efecto que puedan provocar las pilas del mismo en los hábitats y especies existentes se estima como moderado. Sin embargo, el efecto puede ser considerable durante la fase de ejecución. El impacto será, por tanto, SEVERO.
- **Infraestructura existente:** se necesita de la construcción de un bypass en la línea Oviedo-Santander entre las estaciones de Gornazo y Boo de Piélagos -para evitar su corte total- durante la construcción del nuevo subtramo Mogro-Río Pas, además del corte parcial de esta entre las estaciones de Boo de Piélagos y Mortera durante la renovación de los elementos de la superestructura en el subtramo Río Pas-Mortera. Las instalaciones actuales del subtramo Mogro-Río Pas quedarán inutilizadas tras la ejecución de las obras, procediendo a su posterior demolición en caso de ser necesario (en aquellos elementos que interfieran con el trazado futuro y su ejecución, dicha demolición deberá producirse antes de la construcción). El impacto será, por tanto, MODERADO.
- **Organización territorial:** durante la fase de construcción no se tendrá que interrumpir o modificar la circulación por ninguna vía de la red principal o secundaria de carreteras, y

tan solo sería necesario plantear las reposiciones pertinentes para las servidumbres que se vean directamente afectadas. En la fase de explotación, el efecto barrera que supone la infraestructura en la actualidad se verá reducido en el entorno de la estación de Mogro, ya que la naturaleza de la infraestructura de tipo viaducto permite el paso de peatones, vehículos y maquinaria por debajo del mismo. En el subtramo Río Pas-Mortera no se producirán impactos de esta naturaleza. El impacto será, por tanto, FAVORABLE.

- **Paisaje:** la llanura inundable del río Pas se ubica en un enclave de alto valor paisajístico. Durante la fase de construcción, la degradación paisajística será moderada a alta en el subtramo Mogro-Río Pas y baja en el subtramo Río Pas-Mortera. En la fase de explotación, dicha degradación será moderada en el primer subtramo, ya que implica la incorporación puntual de nuevos elementos al paisaje ferroviario existente, y nula en el segundo, ya que se mantiene a grandes rasgos la situación actual. Sin embargo, cabe mencionar que la línea Oviedo-Santander conforma un elemento antrópico completamente integrado en el paisaje y en su entorno territorial. Los elementos que la componen están sometidos a un progresivo proceso de evolución, que permite su adaptación a las necesidades de cada momento. Es por ello que el impacto paisajístico generado en el entorno del río Pas será permanente, pero en ningún caso severo. El impacto será, por tanto, COMPATIBLE.
- **Patrimonio cultural:** no existen en la proximidad de la vía Bienes de Interés Cultural, Bienes de Interés Local, ni Bienes de Inventariado. El Camino de Santiago discurre paralelo a la autovía A-67 hasta llegar al río Pas, donde se desvía sin entrar en la zona de influencia de los trabajos. El Palacio de los Condes de Mortera se encuentra a más de 800 metros de la traza, por lo que no corre riesgo alguno. El impacto será, por tanto, NULO.
- **Población:** muchos de los factores descritos previamente afectan, de un modo u otro, a la población general, pero hay otros aspectos que no se han descrito y pueden influir en ella. Durante la construcción, posiblemente se produzca un incremento en la necesidad de mano de obra, que puede acarrear un incremento de la población activa de la zona, y por tanto un cambio en la estructura demográfica, etc. Durante la explotación, se reducirá el tiempo de transporte, por la modificación del trazado y el aumento en la velocidad de las circulaciones, que puede atraer población a la zona próxima a las estaciones de la línea, dando lugar a modificaciones permanentes de la distribución espacial de la población en la región; se reducirá la demanda de mano de obra, lo que puede disminuir la población activa tras la obra, etc. Todos estos impactos serán moderados y compatibles. El impacto será, por tanto, COMPATIBLE.
- **Productividad sectorial:** durante la construcción, posiblemente se produzca una reducción en la actividad agrícola de la zona -por la ocupación de terrenos y las dificultades para el acceso a los mismos-, una modificación de la demanda de servicios -puede incrementarse la demanda de determinados servicios por la presencia de los trabajadores de la obra, y reducirse la de otros por las molestias causadas por los trabajos (ruidos, vibraciones, residuos, etc.), un incremento en la demanda de materiales, etc. En

todos los casos, se considera que el impacto será moderado. Deberá prestarse atención a la reposición de la actividad agrícola tras la finalización de las obras, para que la construcción de la nueva línea no suponga un empeoramiento del declive existente en dicho sector en la zona. El impacto será, por tanto, MODERADO.

- **Residuos:** la gran mayoría de los residuos que serán potencialmente producidos durante la ejecución de las obras se compone de excedentes de material granular procedente del movimiento de tierras, hormigón, hierro, acero y materiales plásticos. Las zonas auxiliares de obra, en las que pueden ubicarse acopios de material, tierras, etc., pueden también constituir un foco de residuos. El impacto durante la fase de construcción será moderado a alto. Durante la fase de ejecución, los residuos provendrán del mantenimiento de la infraestructura, siendo de magnitud muy inferior. El impacto será, por tanto, MODERADO.
- **Vegetación:** el mayor impacto vendrá dado por la retirada de la cubierta vegetal durante la fase constructiva. La vegetación próxima a la traza y zonas adyacentes también puede verse afectada, en mayor o menor grado, por la emisión de partículas de polvo o de gases contaminantes producidos por la maquinaria y otros vehículos. El impacto producido será de carácter temporal, recuperable y de magnitud baja a moderada. El impacto será, por tanto, COMPATIBLE.
- **Vías pecuarias:** de acuerdo con el sistema de información del Banco de Datos de la Naturaleza no existe ninguna vía pecuaria en la zona de interés, por lo que no se darán impactos de este tipo. El impacto será, por tanto, NULO.

Categoría	Valoración
Calidad del aire y cambio climático	COMPATIBLE
Calidad lumínica	COMPATIBLE
Calidad acústica y vibraciones	MODERADO
Espacios naturales de interés	SEVERO
Fauna	MODERADO
Geología y geomorfología	COMPATIBLE
Hidrogeología	MODERADO
Hidrología superficial	SEVERO
Infraestructura existente	MODERADO
Organización territorial	FAV.
Paisaje	COMPATIBLE
Patrimonio cultural	NULO
Población	COMPATIBLE
Productividad sectorial	MODERADO
Residuos	MODERADO
Vegetación	COMPATIBLE
Vías pecuarias	NULO

Tabla 1: Valoración de los impactos

5. RECOMENDACIONES

En el nivel de Anteproyecto en que nos encontramos, se señalan una serie de recomendaciones de carácter general que deberán ser aplicadas a fin de mitigar en origen las alteraciones producidas durante la fase de construcción. Gracias a estas medidas, se pretende que el desarrollo de las obras se lleve a cabo respetando en lo posible el entorno, a la vez que se facilita la posterior aplicación de las potenciales medidas de mitigación.

Algunas de estas recomendaciones generales son las siguientes:

- Se ha de reducir, en la medida de lo posible, la superficie alterada, especialmente en zonas próximas a las áreas de interés natural. Para ello, será necesario controlar la actividad de la maquinaria, cuidar la ejecución de los desmontes y terraplenes y la creación de caminos de acceso.
- Se debe evitar la ejecución de desmontes y terraplenes de gran altura. En aquellos casos en los que no sea posible, se diseñarán adecuadamente, tratando de generar superficies tendidas, y evitando formas de aspecto artificial y cortes rectos en la base y la cabeza de los mismos.
- Deberá realizarse una elección adecuada de la ubicación de vertederos y préstamos, que tenga en cuenta variables ambientales, y evite las zonas de gran valor paisajístico. Se ha de cuidar su terminación, a fin de que se integren en la morfología de la zona y se favorezca la implantación de nueva vegetación.
- En aquellos casos en los que se prevea la pérdida de vegetación, se tratará de recuperar la cubierta vegetal autóctona, y se favorecerán los procesos naturales a través de plantaciones y siembras con especies autóctonas seleccionadas de acuerdo a criterios ecológicos, reducida necesidad de mantenimiento, etc.
- Se ha de respetar todo lo posible el cauce del río Pas, manteniendo sus condiciones naturales, especialmente durante la ejecución del viaducto sobre el mismo.
- Para reducir los impactos producidos por la emisión de polvo, se realizarán riegos periódicos, se cubrirán las cajas de los vehículos de transporte de material granular, se taparán los acopios de material pulverulento, se limitará la velocidad de circulación sobre pistas sin pavimentar a 30 km/h, y se incorporarán recogedores y captadores a los equipos de perforación.
- A fin de mitigar las emisiones de ruido y vibraciones, se medirán periódicamente los niveles sonoros para comprobar que se respetan los umbrales de la normativa vigente, se asegurará un mantenimiento regular de la maquinaria, se limitará el número de máquinas trabajando de manera simultánea cuando ello pueda significar un impacto sonoro excesivo, y se impondrán limitaciones de velocidad.

- Para evitar la contaminación de las aguas, se asegurará una adecuada impermeabilización, recogida de escorrentía y tratamiento de efluentes en los parques de maquinaria, y zonas específicas para limpiar las canaletas de las hormigoneras. Se deberá llevar a cabo una vigilancia intensiva de las prohibiciones relativas a vertidos contaminantes, prevención de vertidos accidentales, la adecuada ubicación y ejecución de instalaciones, etc. Además, deberá realizarse un tratamiento apropiado de las aguas residuales generadas en las instalaciones destinadas a los trabajadores.
- En lo que respecta a la generación de residuos, el contratista deberá elaborar un Plan de Gestión de Residuos, en el que se establecerá de manera detallada cómo se ejecutarán sus obligaciones relacionadas con los residuos generados en obra. Así mismo, se creará un protocolo de actuación para dar respuesta en caso de vertido accidental u otro tipo de incidencias con productos tóxicos.
- En los casos en que pudiera darse algún riesgo de afección hidrológica, se adoptarán precauciones especiales en las zonas de ocupación temporal situadas fuera del dominio ferroviario, de forma que se evite cualquier tipo de impacto sobre la red de drenaje. Se ubicarán las instalaciones auxiliares de obra lejos de cauces y barrancos. Además, se han de dimensionar los drenajes longitudinales y transversales de forma que se minimice el efecto barrera y el riesgo de acumulación de caudales.
- Se ha de incorporar al programa de protección de yacimientos arqueológicos cualquier elemento arqueológico hallado como consecuencia de las actividades de remoción de tierras.

6. CONCLUSIONES

Desde una perspectiva de conjunto, los impactos ambientales de la solución adoptada son compatibles y no suponen una alteración abusiva de las condiciones actuales. La alternativa de diseño escogida para el subtramo Mogro-Río Pas resultó ser la más favorable desde el punto de vista ambiental, tal y como se puede comprobar en la evaluación ambiental de las nueve alternativas de diseño incluida en la Memoria del presente Anteproyecto. Al mismo tiempo, es el trazado de menor longitud, lo que reduce la extensión en la que se pueden producir potenciales impactos.

La renovación de la superestructura en el subtramo Río Pas-Mortera no es destacable, ya que consiste en un proceso habitual y estandarizado, que se desarrolla en toda su extensión sobre la traza existente.

ANEJO Nº10: SERVICIOS AFECTADOS Y EXPROPIACIONES

Índice

1. SERVICIOS AFECTADOS Y REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES.....	2
2. EXPROPIACIONES.....	7

1. SERVICIOS AFECTADOS Y REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES

Dados la naturaleza y nivel del presente Anteproyecto, no ha sido posible obtener información precisa sobre las empresas proveedoras de servicios presentes en la zona, a fin de poder elaborar en profundidad el presente Anejo. La información empleada ha sido obtenida de los servicios de cartografía de los municipios que atraviesa la nueva traza.

Tras efectuar un estudio de los terrenos afectados por la nueva infraestructura proyectada, se han detectado interferencias con servicios existentes, cuya reposición será planteada al nivel de proyecto. Se ha empleado una banda de terreno que se extiende 4 metros a ambos lados de la explanada proyectada.

A continuación, las figuras incluidas muestran las interferencias a grandes rasgos. En el Documento de Planos del presente Anteproyecto se proporcionan los planos en los que se pueden observar de manera detallada dichas interferencias. En el caso del municipio de Miengo, se dispone de planos para las redes de abastecimiento, saneamiento y gas natural. Para el municipio de Piélagos, se incluyen planos de las redes de abastecimiento, alumbrado público, eléctrica, gas natural, telecomunicaciones y saneamiento.

En el municipio de Piélagos, las interferencias directas son las siguientes:

- **Red de saneamiento** (en marrón en el Plano 4.1.6): interferencia entre los P.K. 0+900 y 1+000, en tramo diseñado en viaducto, con tubería de saneamiento de gravedad del Gobierno de Cantabria.

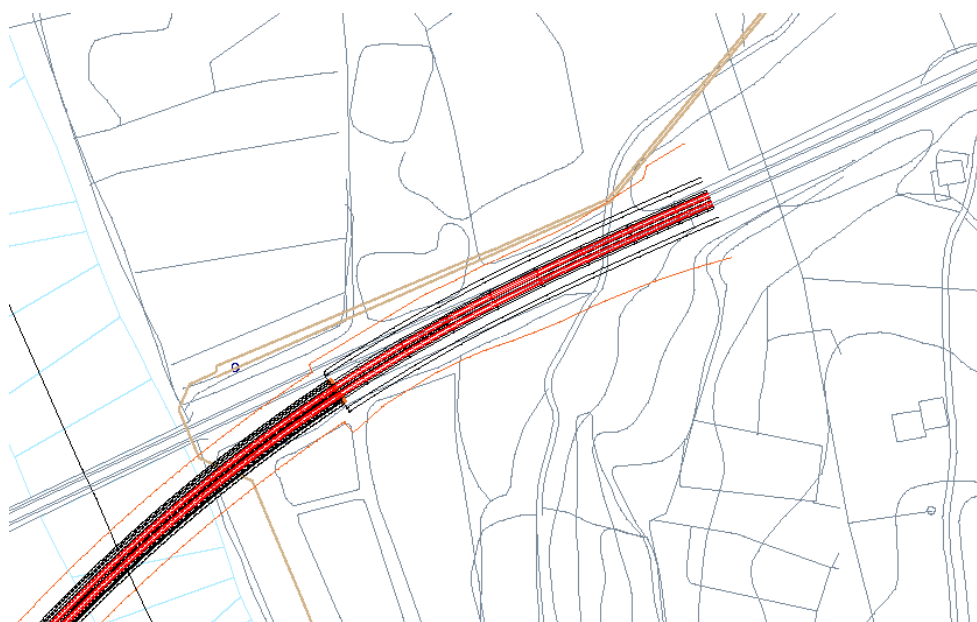


Figura 1: Interferencias con la red de saneamiento de Piélagos

Por otro lado, las siguientes instalaciones se encuentran próximas a la nueva traza, aunque quedan fuera de la banda analizada:

- **Red de abastecimiento** (en cian en el Plano 4.1.1): tuberías de la red municipal de abastecimiento Piélagos a unos 100 metros al SE del final de la nueva traza.

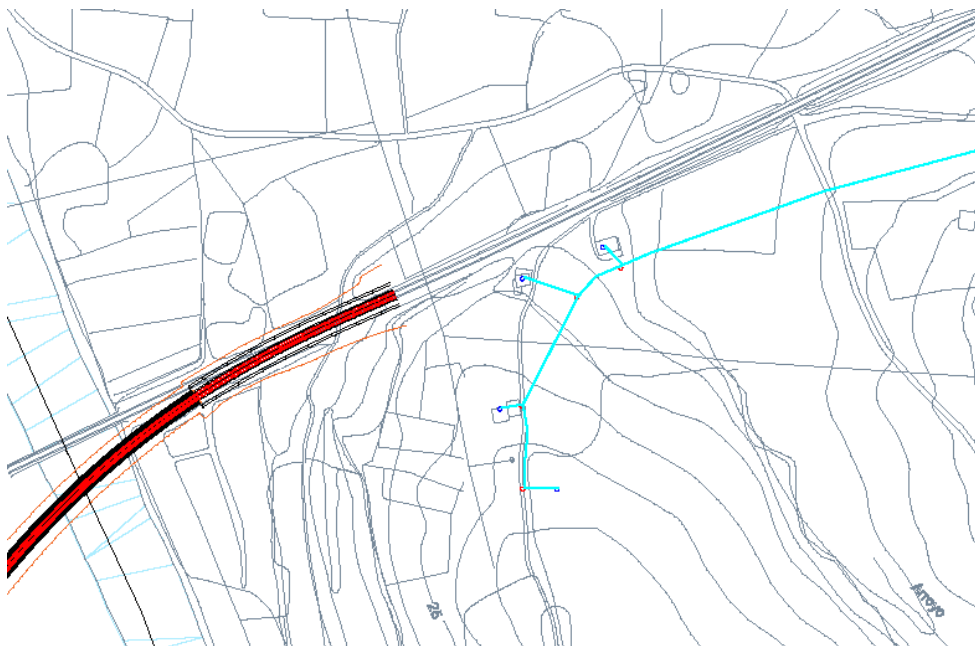


Figura 2: Interferencias con la red de abastecimiento de Piélagos

- **Red de alumbrado público** (en cian en el Plano 4.1.2): ramal de la red de alumbrado público a unos 100 metros al SE del final de la nueva traza.

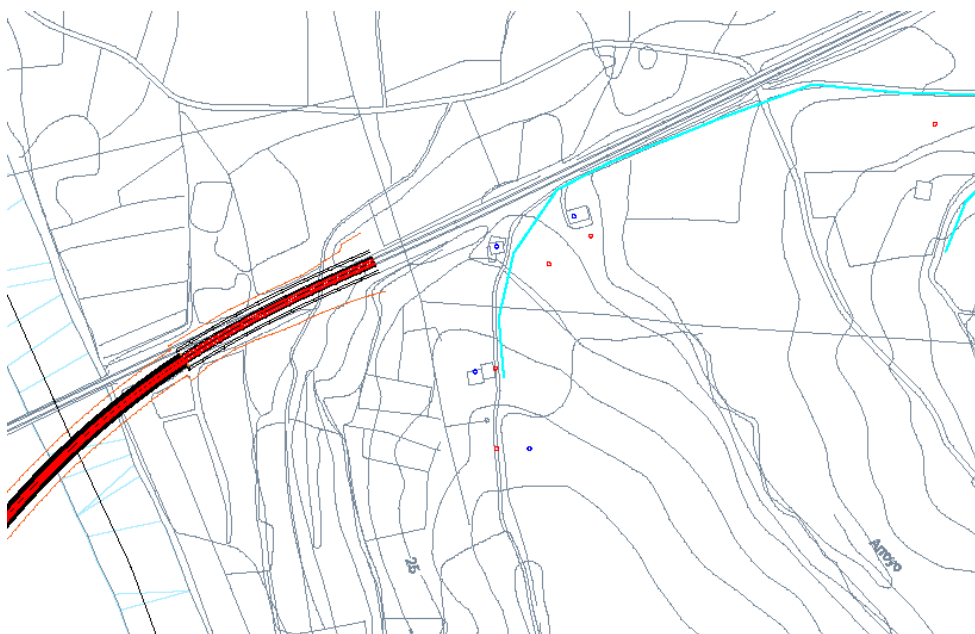


Figura 3: Interferencias con la red de alumbrado público de Piélagos

- **Red eléctrica** (en morado en el Plano 4.1.3): potencial interferencia en el final lado Santander de la nueva traza, con tramo que atraviesa la traza existente. Ramales próximos a menos de 20 metros de la nueva traza en el lado norte.

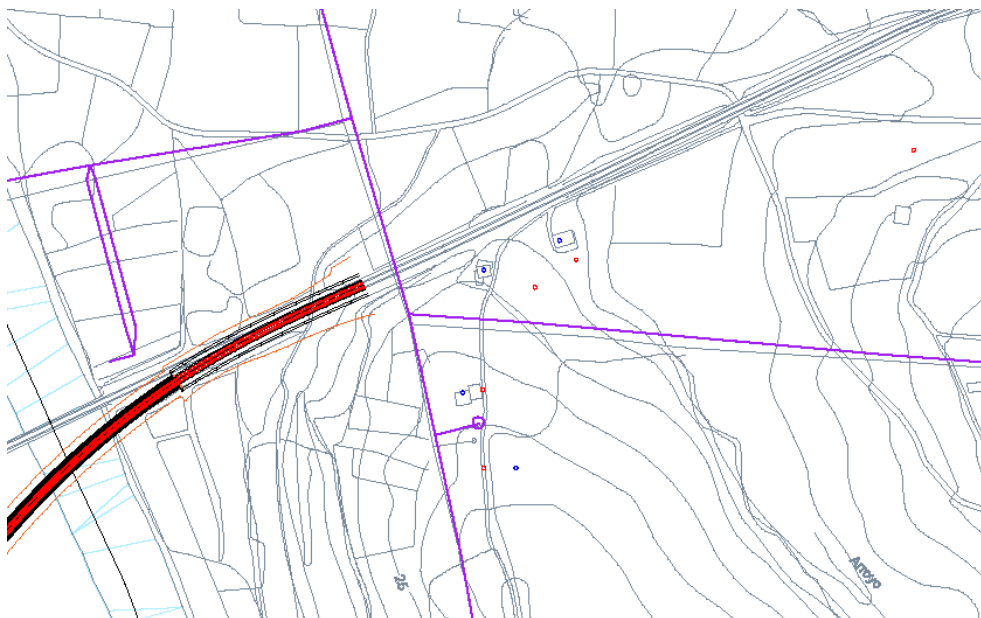


Figura 4: Interferencias con la red eléctrica de Piélagos

- **Red de telecomunicaciones** (en cian y naranja en el Plano 4.1.5): ramal de la red de telecomunicaciones a unos 100 metros al SE del final de la nueva traza.



Figura 5: Interferencias con la red de telecomunicaciones de Piélagos

Además, se ha comprobado la extensión de la red de gas natural (Plano 4.1.4), que se encuentra lo suficientemente alejada de la infraestructura de nueva construcción. Existe un tramo que cruza la traza existente entre las estaciones de Boo de Piélagos y Mortera, pero debido a que la infraestructura en ese punto se va a mantener, no se esperan interferencias.

En el municipio de Miengo no se produce ninguna interferencia directa con la nueva traza, pero sí las siguientes interferencias indirectas:

- **Red de abastecimiento** (trazos gruesos grises y azules en el Plano 4.1.7): existe un ramal de la red de abastecimiento municipal que se aproxima a las trazas actual y existente en las proximidades del aparcamiento de la estación de Mogro.

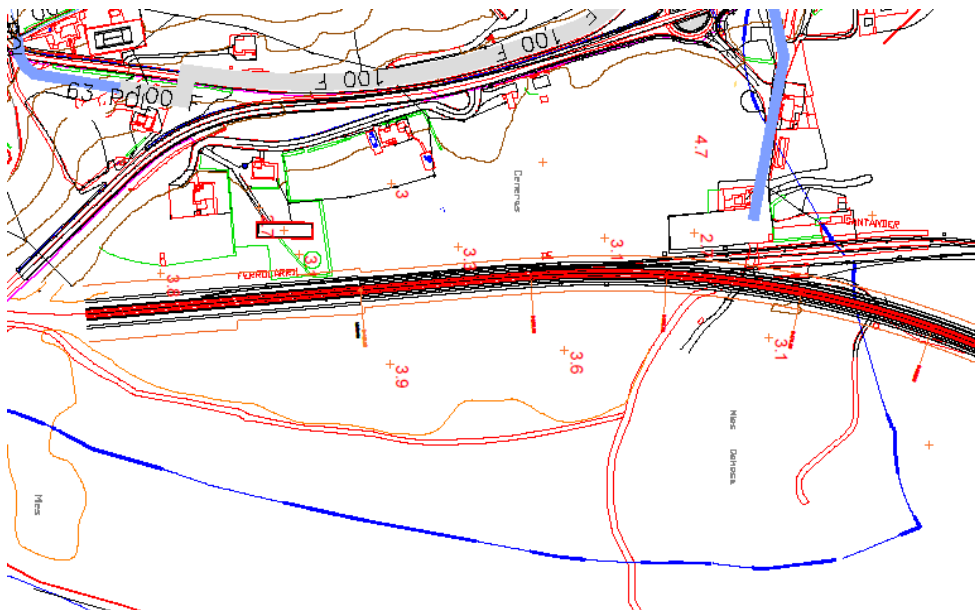


Figura 6: Interferencias con la red de abastecimiento de Miengo

- **Red de saneamiento** (trazos gruesos azules en el Plano 4.1.8): existe un tramo de la red de saneamiento municipal que discurre en paralelo a la traza proyectada en sus primeros metros, encontrándose a 100 metros de la misma en su punto más próximo.

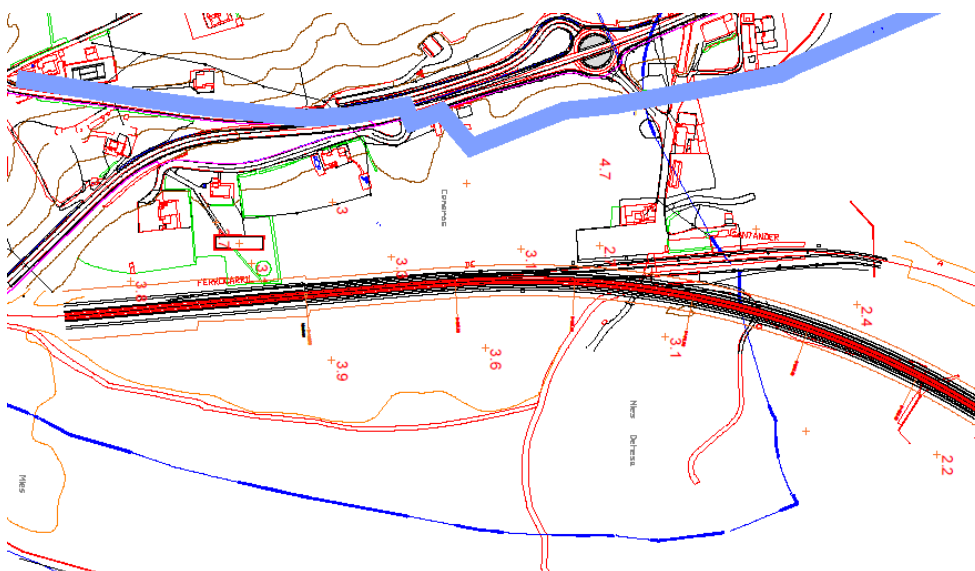


Figura 7: Interferencias con la red de saneamiento en Miengo

- **Red de gas natural** (en magenta en el Plano 4.1.9): en el extremo sur de la nueva traza proyectada encontramos un ramal de la red de gas natural, que se ubica a 15 metros de la línea, por lo que podrían producirse interferencias.

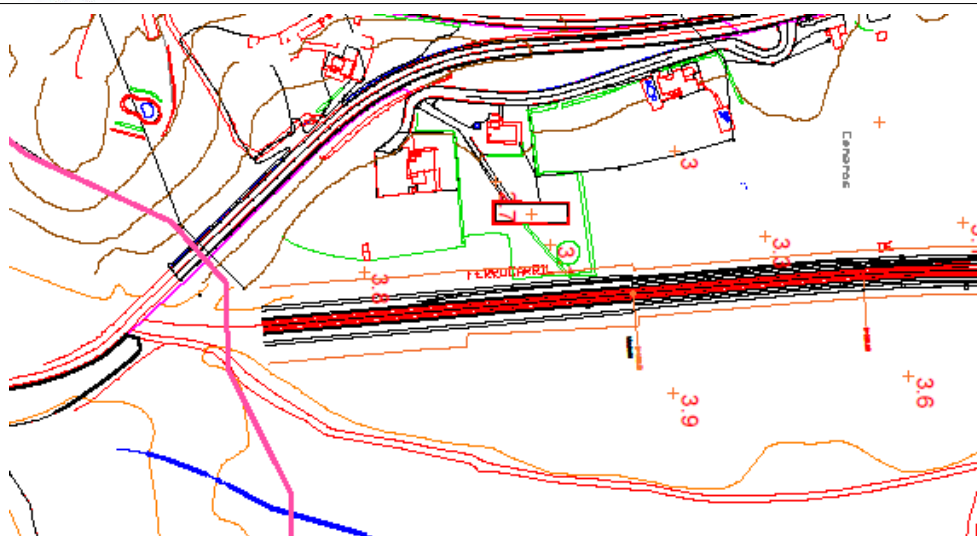


Figura 8: Interferencias con la red de gas natural de Miengo

En lo que respecta a la reposición de servidumbres, será necesaria para cuatro casos: tres en el municipio de Miengo, próximas a la estación de Mogro, y una en el municipio de Piélagos, entre el final del viaducto y el extremo de la nueva traza lado Santander.

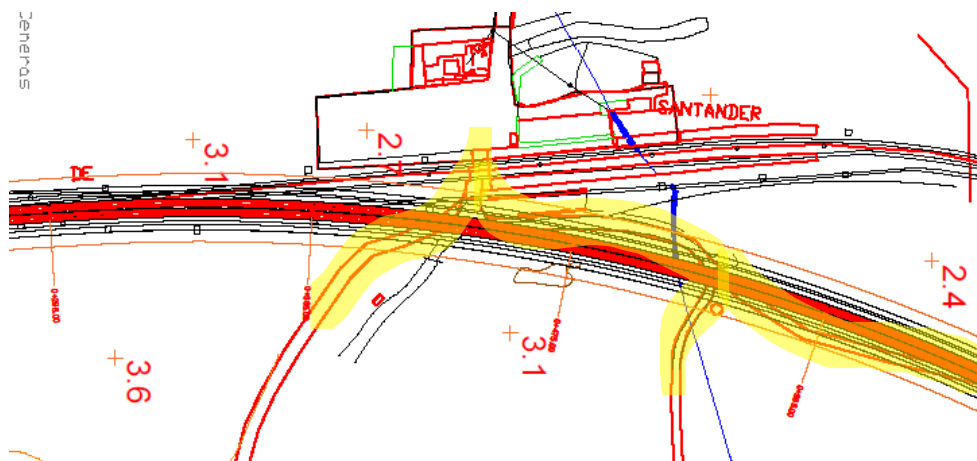


Figura 9: Servidumbres afectadas en Miengo



Figura 10: Servidumbres afectadas en Piélagos

2. EXPROPIACIONES

La ejecución de las obras del nuevo subtramo Mogro-Río Pas implica la ocupación de los terrenos por los que discurre la nueva traza, en los cuales se localizarán las diferentes partes que componen el proyecto: la infraestructura, la superestructura, la electrificación, etc.

Con este fin, se debe recopilar la información relativa a la ubicación e identificación de las parcelas que deban ser expropiadas, el uso del suelo y la extensión de la superficie a expropiar en cada una de estas parcelas. Estas actividades se realizan al nivel de proyecto. Posteriormente, se realiza la correspondiente valoración económica de los terrenos expropiados.

Al nivel de Anteproyecto se delimita la superficie a expropiar en la solución adoptada. Para ello, se estima la superficie ocupada por la línea de ferrocarril, añadiendo a esta una franja de 4 metros a cada lado, de cerramiento de la línea, que también será parte de la misma una vez haya sido construida.

A la hora de estimar el coste que suponen estas expropiaciones, se ha tenido en cuenta que la totalidad del suelo en cuestión es rústico (no urbanizable, rústico de especial protección y rústico de protección ordinaria). Se estima el precio a pagar por m² de terreno expropiado en 7,5 €.

La valoración de las expropiaciones será añadida el Presupuesto de Ejecución por Contrata para elaborar así el Presupuesto para Conocimiento de la Administración.

Los resultados obtenidos son los mostrados en la Tabla 1. En los planos 4.2.1 y 4.2.2 se puede observar la superficie ocupada por la banda considerada para los cálculos de expropiaciones.

Expropiaciones	
Superficie total	30613,06 m ²
Superficie propiedad de ADIF	12959,50 m ²
Superficie Río Pas	1828,76 m ²
Superficie a expropiar	15824,00 m²
Valoración económica	118680,00 €

Tabla 1: Valoración de las expropiaciones

**ANEJO Nº11: PRESUPUESTO PARA
CONOCIMIENTO DE LA
ADMINISTRACIÓN**

Índice

1. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	2
---	---

1. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

El presente Presupuesto de Ejecución Material asciende a la cantidad de ONCE MILLONES OCHOCIENTOS SETENTA Y TRES MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS con OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

Según la legislación vigente, el Presupuesto Base de Licitación se obtiene a partir de la suma de las siguientes partidas:

- Presupuesto de Ejecución Material.
- Gastos generales (13%).
- Beneficio industrial (6%).

El Presupuesto para Conocimiento de la Administración se ha calculado a partir del Presupuesto Base de Licitación, al cual se le añaden:

- El valor de los terrenos expropiados para la construcción de la infraestructura.
- La Partida de Trabajos de Conservación del Patrimonio Histórico Español, que constituye un 1,5% del Presupuesto de Ejecución Material.
- El control y vigilancia de las obras, que asciende al 2% del Presupuesto de Ejecución Material.

Presupuesto de Ejecución Material	11.873.597,89 €
Gastos generales (13% PEM)	1.543.567,73 €
Beneficio industrial (6% PEM)	7.12.415,87 €
Presupuesto Base de Licitación (sin IVA)	14.129.581,49 €
Presupuesto Base de Licitación (con IVA)	17.096.793,60 €
Expropiaciones	118.680,00 €
Patrimonio Artístico Español (1,5% PEM)	178.103,97 €
Control y vigilancia de las obras (2% PEM)	237.471,96 €
Presupuesto para Conocimiento de la Administración	17.631.049,53 €

Tabla 1: Presupuesto para Conocimiento de la Administración

ANEJO Nº12: RESUMEN DE ACTIVIDADES

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. RESUMEN DE ACTIVIDADES	2
2. 1. Fase 1	2
2. 2. Fase 2	3
2. 3. Fase 3	5

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se describen de forma resumida las actividades que deberán llevarse a cabo a lo largo de la evolución de las obras. El plan de obra en detalle, con los plazos estimados para cada una de las actividades, se facilitará en el nivel de Proyecto.

Las actividades previstas se han dividido en tres fases diferenciadas, numeradas por orden cronológico de la 1 a la 3, que se describen en los sucesivos apartados.

2. RESUMEN DE ACTIVIDADES

2. 1. Fase 1

En primer lugar, se deberá llevar a cabo el replanteo de las obras -replanteo de los servicios afectados, replanteo de la infraestructura y superestructura de vía, replanteo para ejecución de viales, y replanteo de obras de drenaje-, acondicionamiento de las instalaciones y de los caminos de acceso -que se realizará desde la red de caminos existente, que permite el acceso hasta la zona de obra-, y acopio de materiales necesarios para el comienzo de la ejecución de la nueva infraestructura.

Una vez realizadas dichas actividades, se realizará el desvío de los servicios afectados, cuyas obras se acometerán en paralelo a las de la nueva línea ferroviaria.

A continuación, se comenzará con la ejecución del viaducto sobre la llanura inundable del río Pas, en sus secciones que no se encuentren sobre la traza existente, de forma que se pueda mantener con relativa normalidad el tráfico ferroviario. Deberá asegurarse la total seguridad en los cruces en el paso a nivel de la estación de Mogro de aquellos equipos y máquinas que lo requieran, ya sea por medios humanos o automatizados (instalando un sistema de barreras móviles, por ejemplo).

Se procederá a renovar la superestructura del subtramo Río Pas-Mortera durante esta fase, desde su inicio. De esta forma, las posibles interferencias que puedan provocar estos trabajos en las circulaciones de la línea, no se solaparán con las provocadas por el desvío que deberá acometerse en el subtramo Mogro-Río Pas más tarde. Los trabajos se desarrollarán en diferentes turnos a de forma continuada, día y noche, de ser esto compatible con el régimen de explotación de la línea, con el objetivo de finalizarlos tan temprano como sea posible. Se comenzará por la vía impar (izquierda en sentido Oviedo-Santander), y una vez finalizada se hará lo propio con la vía par.

También durante esta fase, se ejecutará en paralelo una vía provisional al oeste de las existentes, desde el P.K. 0+000 hasta la entrada a el entorno del aparcamiento de la estación de Mogro. Del mismo modo, se extenderá la plataforma de la línea actual desde el P.K. 1+030 al P.K. 1+145 de la traza futura, a fin de poder alojar el baipás provisional. Una vez estén ejecutados dichos trabajos, y coincidiendo con la finalización del viaducto en la zona que no interfiere con la traza existente, se procederá a cortar la vía impar actual (oeste), manteniéndose el tráfico por la vía impar y la vía de apartado de la estación de Mogro. Se organizarán los tiempos de manera que todavía se esté terminando de renovar la vía impar en el segundo subtramo, a fin de dar continuidad a las circulaciones por la vía par en todo el tramo Mogro-Mortera. Con la vía impar ya cortada, se instalará un desvío provisional antes de

comenzar la nueva traza en el P.K. 0+000, teniendo por vía directa la nueva traza y por vía desviada el enlace con el baipás provisional que se ha construido hasta la estación de Mogro. En el otro extremo de dicho baipás provisional, se ejecutará el enlace del baipás con la vía impar renovada entre ese punto y Mortera. Al igual que en el caso del enlace sur, se dispondrá un desvío con la nueva vía como vía directa y el enlace al baipás provisional como vía desviada.

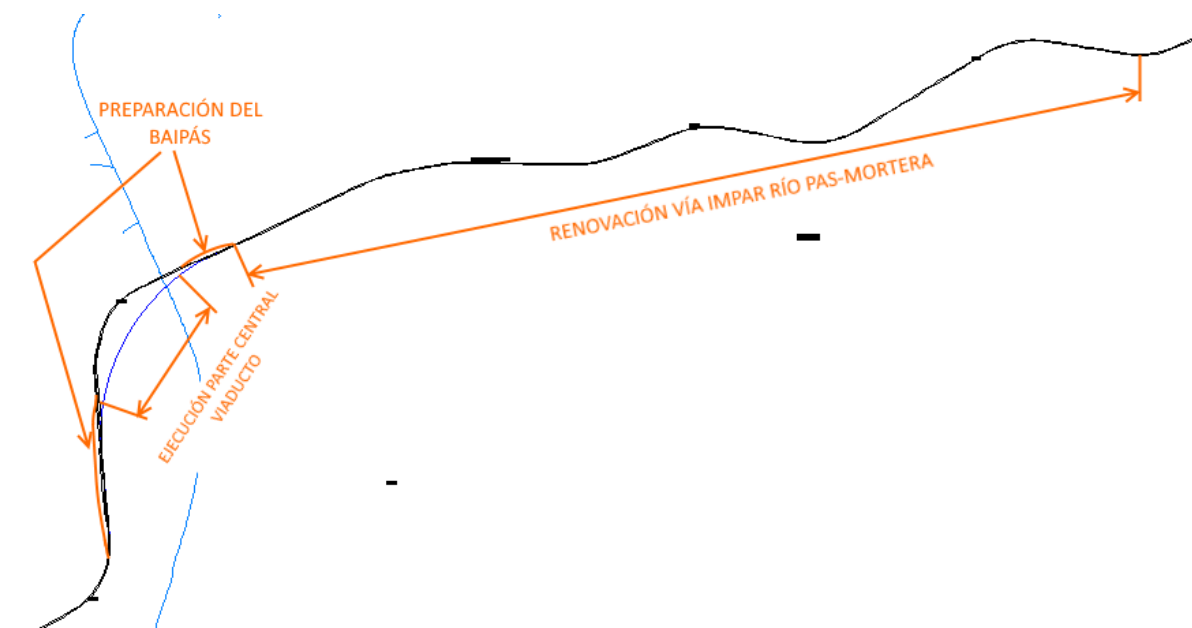


Figura 1: Esquema de las principales actividades de la Fase 1

2. 2. Fase 2

A continuación, se desvía todo el tráfico ferroviario por la vía impar desde el comienzo de la nueva traza hasta Mortera, y se corta la vía par. Las circulaciones, por lo tanto, pueden continuar empleando parte de la vía antigua, mientras se desarrollan los trabajos en toda la nueva traza. Se procede a dismantlar las vías par e impar en aquellos tramos en los que se encuentren fuera de servicio e interfieran con la nueva traza, así como el resto de los elementos -ferroviarios o no- que requieran su retirada o demolición. Del mismo modo, se comenzará la renovación de la vía par en el subtramo Río Pas-Mortera.

Posteriormente, se comenzarán las actividades de movimiento de tierras en aquellos puntos donde no se habían podido comenzar por la presencia de la infraestructura ferroviaria actual. Asimismo, se continuará con la ejecución del viaducto sobre la llanura inundable del río Pas.

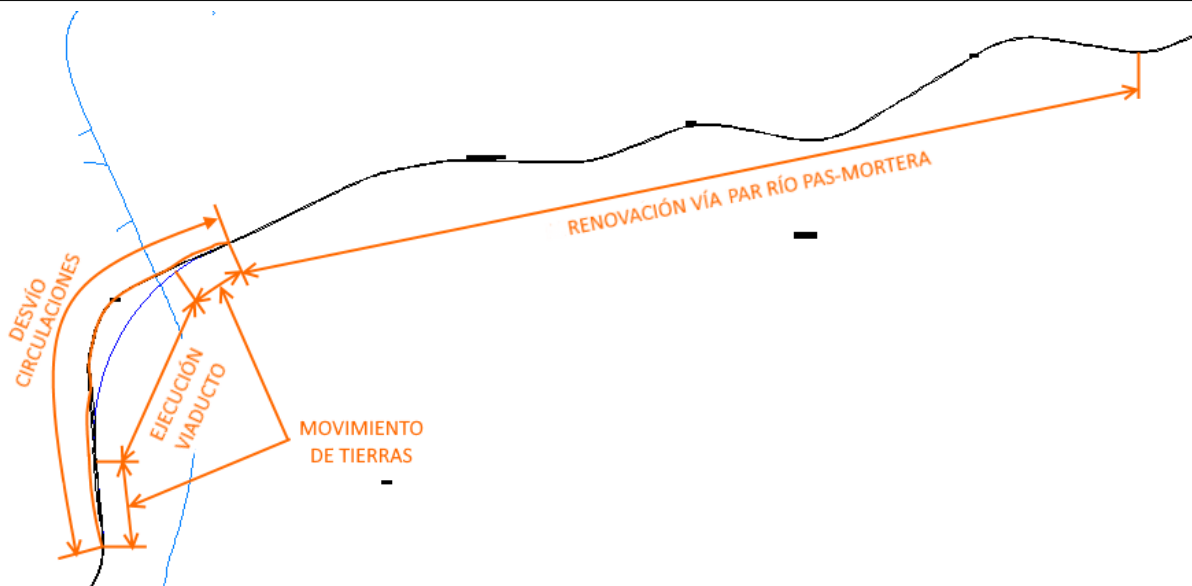


Figura 2: Esquema de las principales actividades de la Fase 2 (I)

Una vez finalizada la infraestructura de nueva ejecución en el subtramo Mogro-Río Pas (tanto el viaducto como los terraplenes y desmontes), y realizadas las pruebas de carga, se procederá a la instalación de la superestructura de vía. La vía ha de montarse sobre una primera capa de balasto, que puede ser transportada por camión o por ferrocarril -en caso de que la configuración de vías lo permita-.

La vía impar se extenderá en ambos extremos hasta los desvíos colocados durante la Fase 1, mientras que la vía par se dispondrá entre los puntos donde haya sido cortada al comienzo de la Fase 2. Se prevé que, llegados a este punto, ya se haya completado la renovación de la superestructura en el subtramo Río Pas-Mortera. Cuando se haya colocado el carril sobre las traviesas, y previo a su fijación, se comprobarán y corregirán los defectos de posicionamiento de traviesas (distancia entre ejes, perpendicularidad al eje de la vía y centrado sobre el mismo). A continuación, se realizarán la primera y segunda nivelaciones.

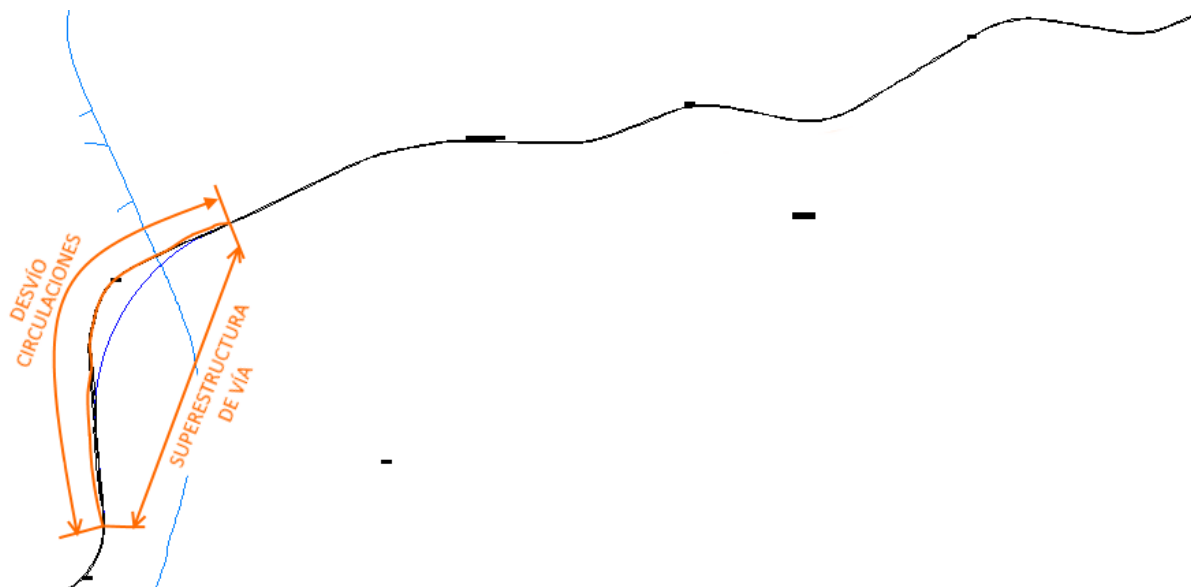


Figura 3: Esquema de las principales actividades de la Fase 2 (II)

Tras haber ejecutado todas las soldaduras y comprobado la correcta alineación de las vías, se ejecuta la conexión de la nueva vía con los desvíos dispuestos en la Fase 1. Una vez hecho esto, se pueden realizar las últimas actividades para la puesta en servicio de la nueva vía. Los requisitos que se deben cumplir incluyen, entre otros:

- Que no se hayan detectado defectos, ni parámetros fuera de tolerancia, tras la realización de una prospección completa de la vía con el vehículo de auscultación geométrica, de resultado positivo.
- Que se hayan realizado ensayos dinámicos de circulación a velocidades un 20% por encima de las previstas sin que se hayan observado deficiencias de acuerdo a las normas ferroviarias.
- Que se han colocado los postes hectométricos y de cambios de rasante.
- Que se ha montado el vallado de cierre.
- Que las inspecciones realizadas por los equipos de control han resultado satisfactorias y todas las actas establecidas se han clasificado bien o, si han sido aceptables, se han corregido las deficiencias observadas.

2. 3. Fase 3

Comprobado todo lo indicado previamente, puede ponerse en servicio la nueva infraestructura en el tramo Mogro-Mortera, con la doble vía en funcionamiento.

A continuación, deberán llevarse a cabo los trabajos de desmantelamiento de la vía antigua que queda en servicio, que ahora forman parte del baipás provisional en uso durante la Fase 2. Se dejará la infraestructura de tal forma que pueda ser aprovechada para otros usos futuros, posiblemente será acondicionada como vía verde. En horario nocturno, se sustituirán los desvíos provisionales de conexión con el baipás por el carril definitivo.

Finalmente, se llevarán a cabo los trabajos de integración paisajística, limpieza, remates finales, y retirada de los productos sobrantes.

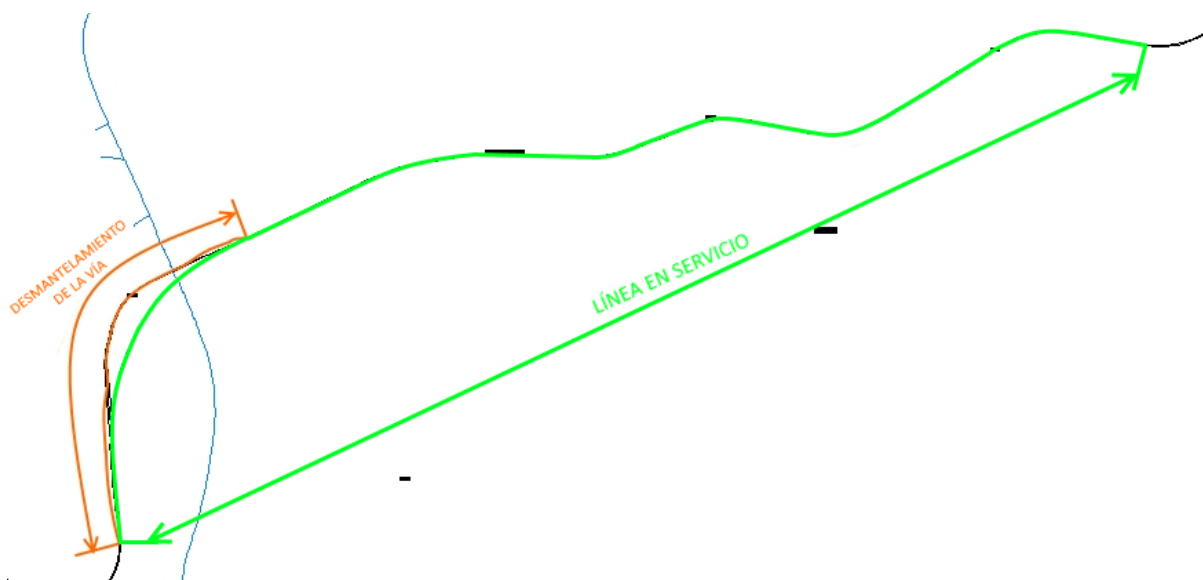


Figura 4: Esquema de las principales actividades de la Fase 3

ANEJO Nº13: TRAZADO

Índice

1. TRAZADO EN PLANTA	2
2. TRAZADO EN ALZADO	3

1. TRAZADO EN PLANTA

LISTADO DE LAS ALINEACIONES										
E/E	DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	PARAMETRO	AZIMUT	Sen/Yc/Yinf
1	1	RECTA	234.585	0.000	422.303.319	4,807,958.290			394.3792	0.9961048
1		CLOT.	110.498	234.585	422.282.634	4,808,191.961		268.000	394.3792	4,808,191.961
1	2	CIRC.	699.095	345.084	422.276.015	4,808,302.226	650.000		399.7904	4,808,304.366
1		CLOT.	110.498	1,044.178	422.615.207	4,808,875.243		268.000	68.2608	4,808,922.483
1				1,154.677	422.715.060	4,808,922.483			73.6720	0.4018715
1	3	RECTA	0.249	1,154.925	422.715.287	4,808,922.583			73.6720	

2. TRAZADO EN ALZADO

ESTADO DE RASANTES											
EJE	Calzada/Via	PENDIENTE (o/oo)	LONGITUD (m.)	PARAMETRO (Radio)	VÉRTICE		ENTRADA AL ACUERDO		SAIDA DEL ACUERDO		BISSECT. (m.)
					PK	Z	PK	Z	Z		DIF. PEN (o/oo)
1	Derecha	0.000000	111.326	10,000.000	60.000	4.917	0.000	4.917			
1	Derecha	11.133271	34.524	10,000.000	263.723	7.185	246.461	6.993	5.537	0.155	1.113
1	Derecha	7.680382	76.802	10,000.000	500.000	9.000	461.600	8.705	7.318	0.015	-0.345
1	Derecha	0.000000	70.402	10,000.000	800.000	9.000	764.798	9.000	9.000	0.074	-0.768
1	Derecha	-7.040400	70.402	10,000.000	1,114.925	6.783	1,079.725	7.031	8.752	0.062	-0.704
1	Derecha	0.000000							6.783	0.062	0.704

ANEJO Nº14: FOTOGRAFÍA

Índice

1. SUBTRAMO MOGRO-RÍO PAS.....	2
2. SUBTRAMO RÍO PAS-MORTERA.....	7
3. EPISODIOS DE INUNDACIÓN.....	10
Referencias.....	11

1. SUBTRAMO MOGRO-RÍO PAS



Figura 1: Estación de Mogro. Paso entre andenes



Figura 2: Limitaciones temporales de velocidad en la estación de Mogro



Figura 3: Vista general de la estación de Mogro



Figura 4: Edificio de la estación de Mogro



Figura 5: Entrada a la estación de Mogro lado Santander



Figura 6: Entrada a la estación de Mogro lado Oviedo



Figura 7: Subtramo Mogro-Río Pas (P.K. 517,3)



Figura 8: Vista de la línea a su paso por el puente sobre el río Pas



Figura 9: Puente sobre el río Pas



Figura 10: Paso a nivel para camino privado en el municipio de Piélagos

2. SUBTRAMO RÍO PAS-MORTERA



Figura 11: Extremo oeste del subtramo Río Pas-Mortera



Figura 12: Entrada a la estación de Boo de Piélagos lado Oviedo



Figura 13: Entrada a la estación de Boo de Piélagos lado Santander



Figura 14: Estación de Mortera



Figura 15: Entrada a la estación de Mortera lado Oviedo

3. EPISODIOS DE INUNDACIÓN



Figura 16: Estación de Mogro inundada en 2019, lado Santander (Sañudo Ortega, 2019)



Figura 17: Estación de Mogro inundada en 2019, zona de andenes (Sañudo Ortega, 2019)



Figura 18: Estación de Mogro inundada en 2019, lado Oviedo (Sañudo Ortega, 2019)



Figura 19: Cruce de trenes en la estación de Mogro con la vía 2 cortada por inundación (S. C. , 2019)

Referencias

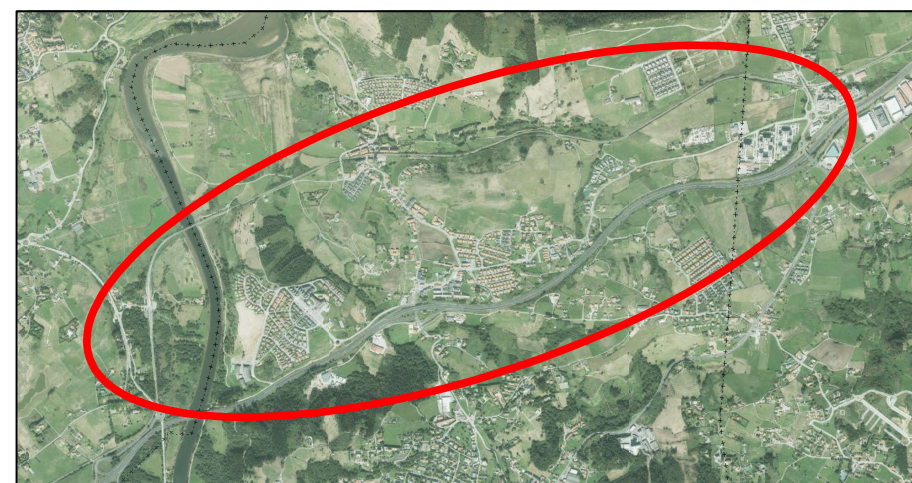
- S., C. (23 de Enero de 2019). *Youtube*. Obtenido de Cruce de unidades 3800 estacion de Mogro Renfe Feve Cantabria: <https://www.youtube.com/watch?v=Fp80ZOhwpmWM>
- Sañudo Ortega, R. (2019).

DOCUMENTO Nº2: PLANOS

Índice

1. PLANO DE SITUACIÓN
2. PLANOS EN PLANTA
 - 2.1. Plano director del trazado
 - 2.2. Planos del trazado en planta
 - 2.3. Escape de vía
3. PERFILES
 - 3.1. Perfiles longitudinales
 - 3.2. Perfiles transversales
4. SERVICIOS AFECTADOS Y EXPROPIACIONES
 - 4.1. Servicios afectados
 - 4.2. Expropiaciones
5. SECCIONES TIPO
 - 5.1. Desmonte
 - 5.2. Terraplén
 - 5.3. Viaducto
 - 5.4. Estación
6. PLANOS DE DETALLE
 - 6.1. Esquema
 - 6.2. Traviesa
 - 6.3. Varios

1. PLANO DE SITUACIÓN



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO

FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL

PROVINCIA

TITULO DEL PLANO

SITUACIÓN

AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

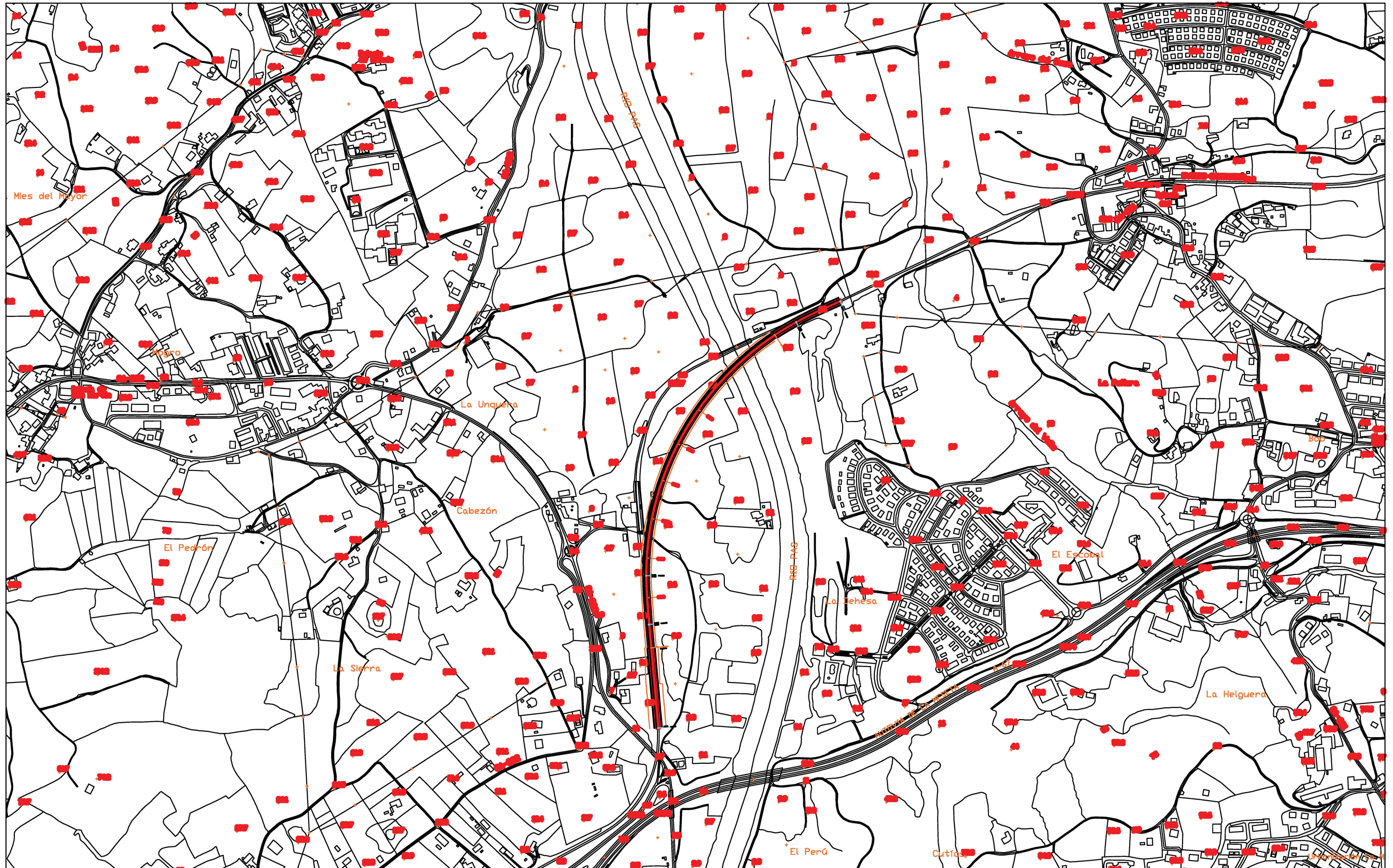
ESCALA

FECHA
MAY 0-2021

NORTE
A

PLANO N
1

2. PLANOS EN PLANTA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TÍTULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO-PIÉLAGOS
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
TRAZADO-DIRECTOR

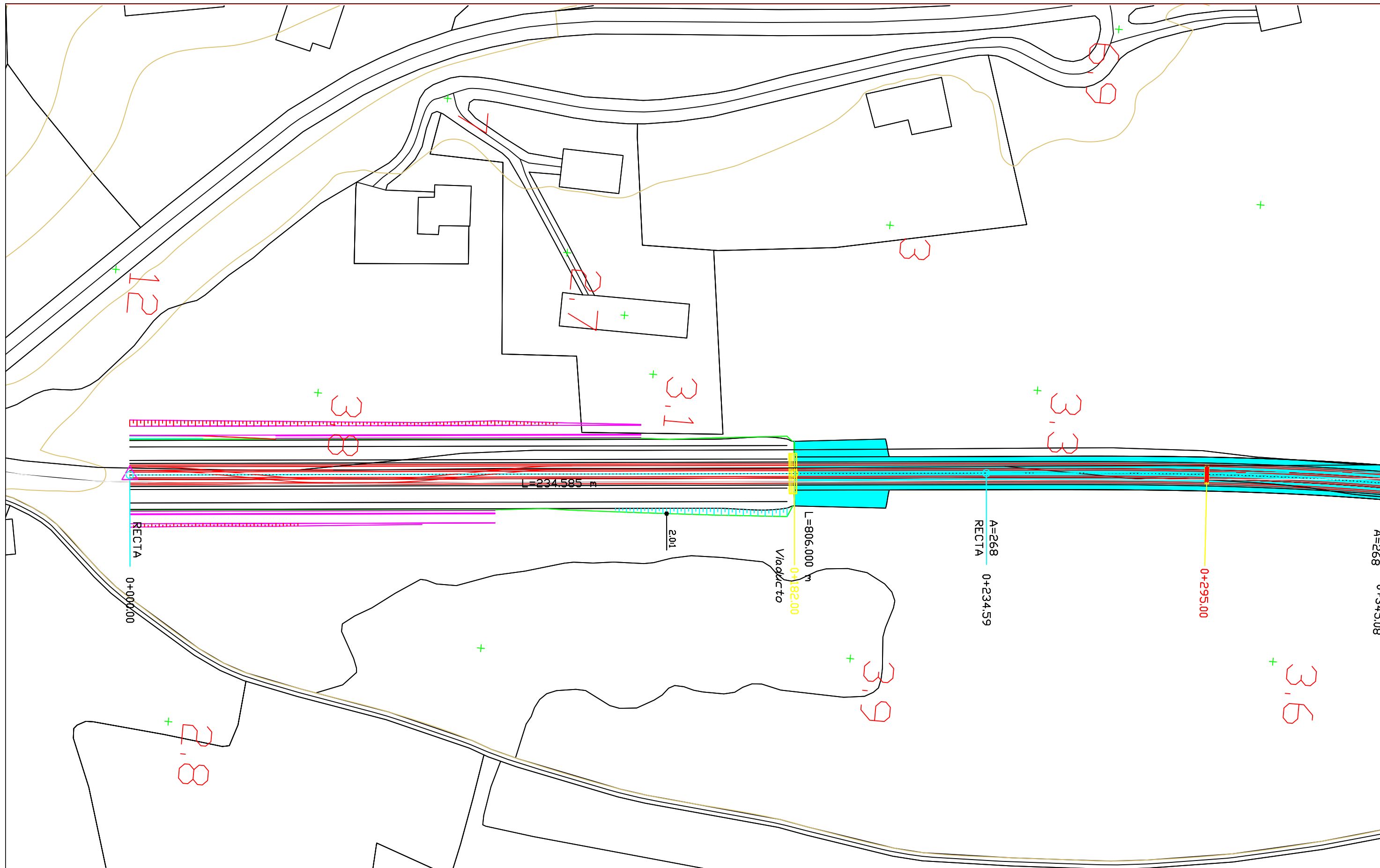
AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ



ESCALA
1/8000

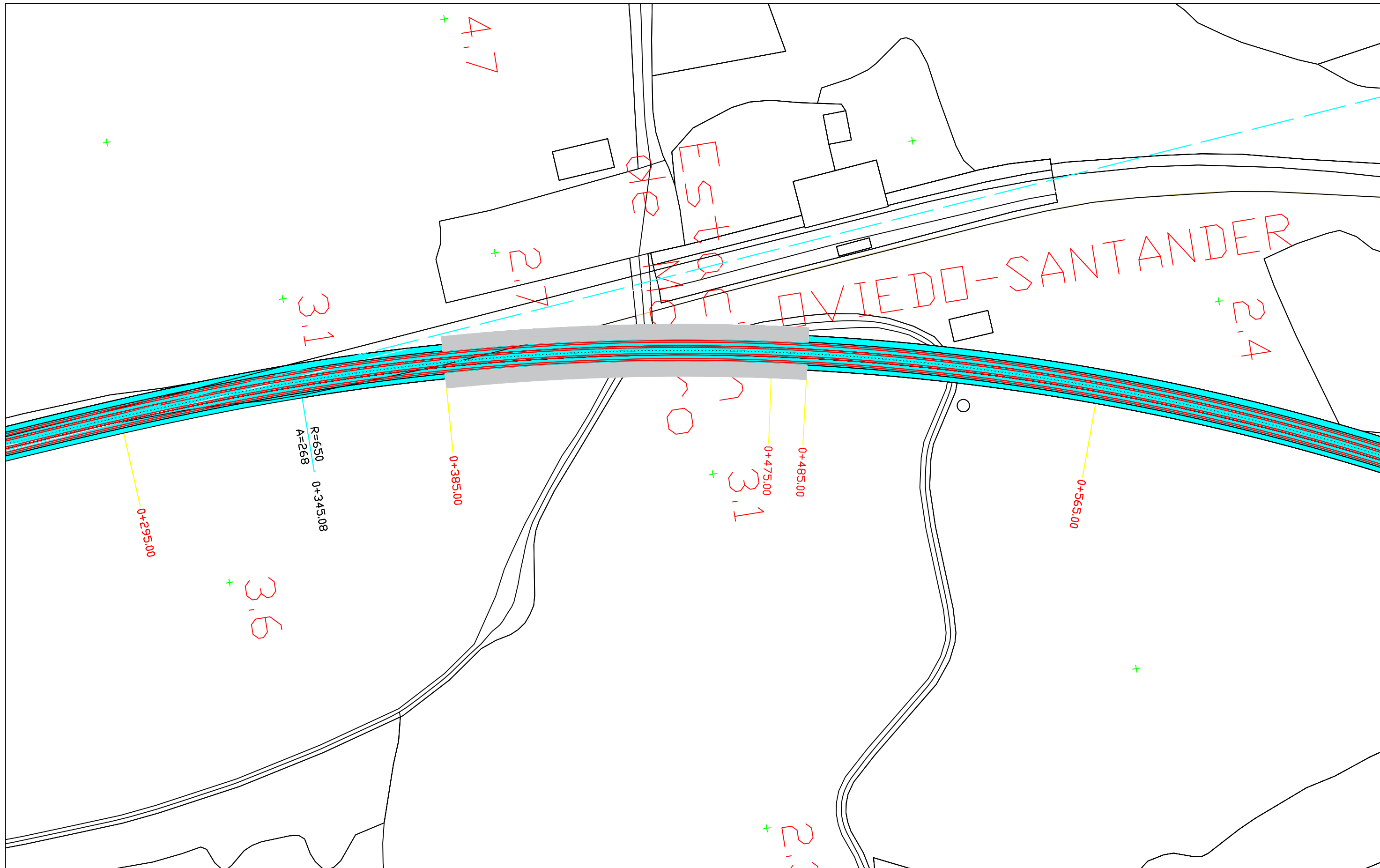
FECHA
MAYO-2021





PLANO N
2.1





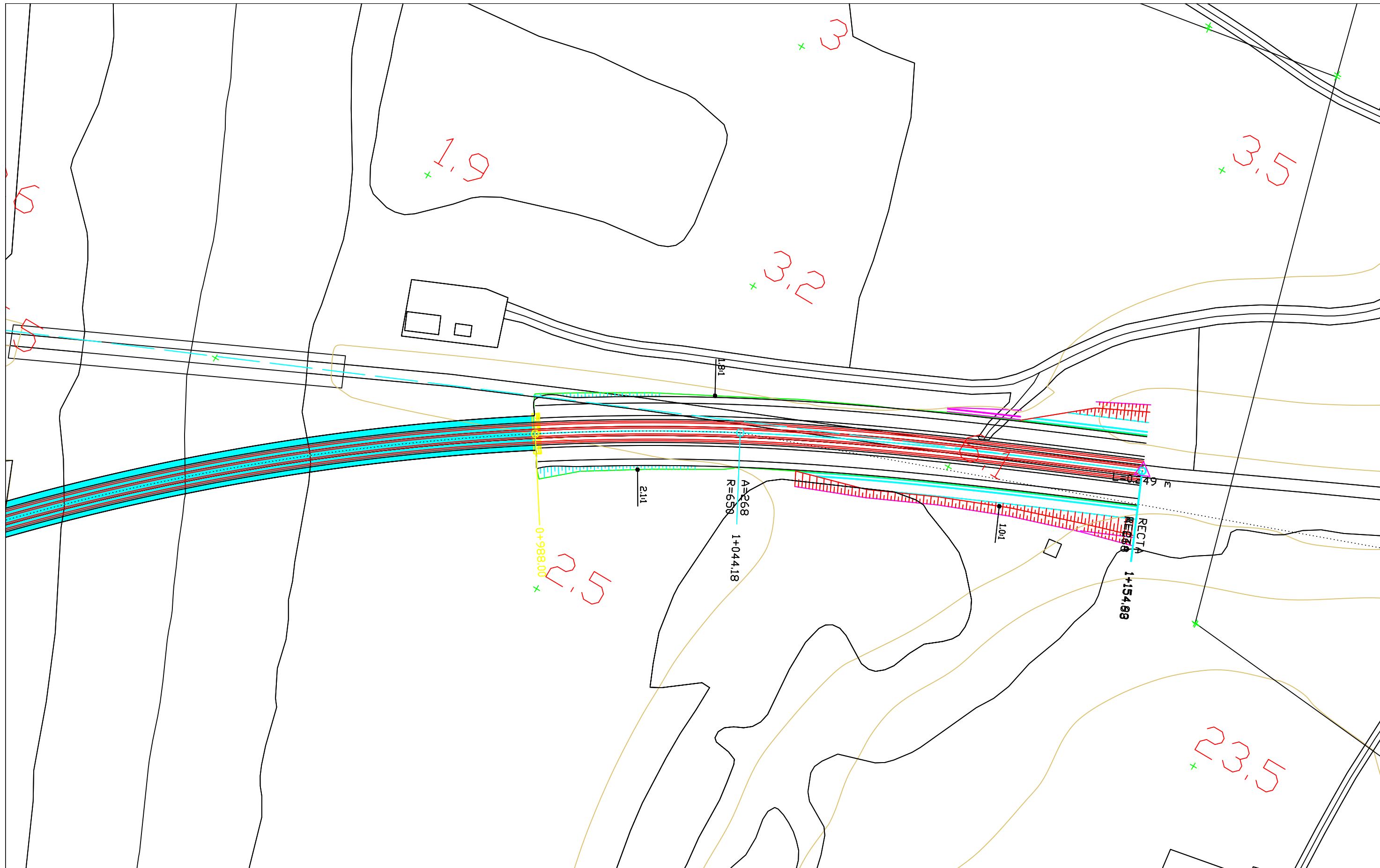
	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA TRABAJO DE FIN DE GRADO	TIPO ANTEPROYECTO	TITULO FF.CC.MOGRO-MORTERA ADIF-R.A.M.	TERMINO MUNICIPAL MIENGO PROVINCIA CANTABRIA	TITULO DEL PLANO TRAZADO-PLANTA	AUTOR FERNANDO MERINO MARTÍNEZ	ESCALA 1/1250	FECHA MAYO-2021	NORTE 	PLANO N 2.2.1
---	--	----------------------	--	---	------------------------------------	-----------------------------------	------------------	--------------------	--	------------------





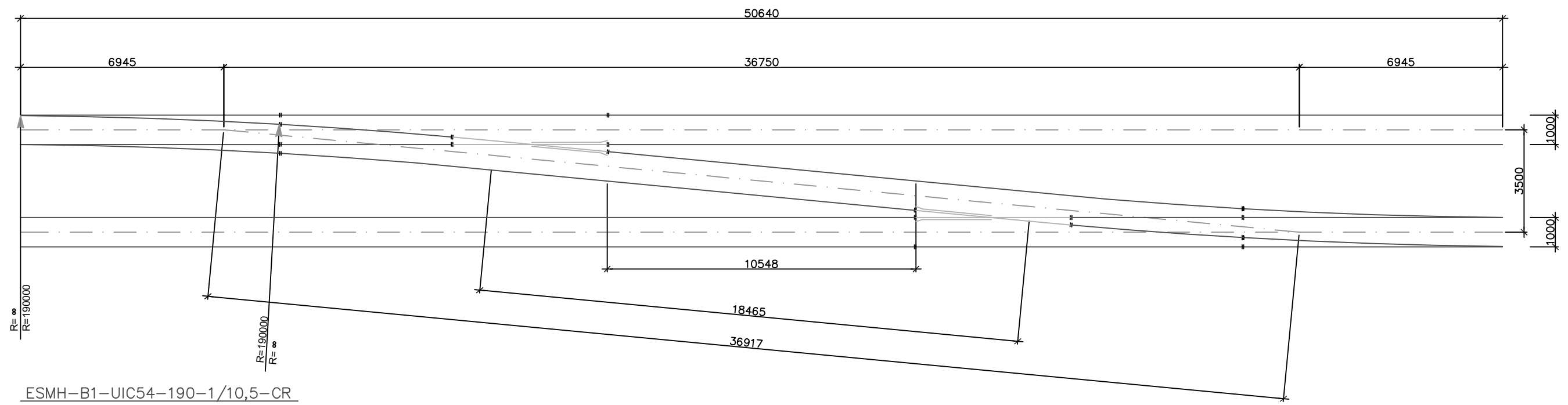
	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA TRABAJO DE FIN DE GRADO	TIPO ANTEPROYECTO	TITULO FF.CC.MOGRO-MORTERA ADIF-R.A.M.	TERMINO MUNICIPAL MIENGO PROVINCIA CANTABRIA	TITULO DEL PLANO TRAZADO-PLANTA	AUTOR FERNANDO MENDO MARTÍNEZ	ESCALA 1/1250	FECHA MAYO-2021	NORTE 	PLANO N 2.2.2
---	--	----------------------	--	---	------------------------------------	----------------------------------	------------------	--------------------	--	------------------



	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA TRABAJO DE FIN DE GRADO	TIPO ANTEPROYECTO	TITULO FF.CC.MOGRO-MORTERA ADIF-R.A.M.	TERMINO MUNICIPAL MIENGO PROVINCIA CANTABRIA	TITULO DEL PLANO TRAZADO-PLANTA	AUTOR FERNANDO MERINO MARTÍNEZ	ESCALA 1/1250	FECHA MAYO-2021	NORTE 	PLANO N 2.2.3
---	--	----------------------	--	---	------------------------------------	-----------------------------------	------------------	--------------------	--	------------------



	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA TRABAJO DE FIN DE GRADO	TIPO ANTEPROYECTO	TÍTULO FF.CC.MOGRO-MORTERA ADIF-R.A.M.	TÉRMINO MUNICIPAL PIELAGOS PROVINCIA CANTABRIA	TÍTULO DEL PLANO TRAZADO-PLANTA	AUTOR FERNANDO MERINO MARTÍNEZ	ESCALA 1/1250	FECHA MAYO-2021	NORTE 	PLANO N 2.2.4
---	--	----------------------	--	---	------------------------------------	-----------------------------------	------------------	--------------------	--	------------------



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF - R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
PROVINCIA

TITULO DEL PLANO
DETALLE-ESCAPE-DE-VIA

AUTOR
FERNANDO MERINO MARTINEZ

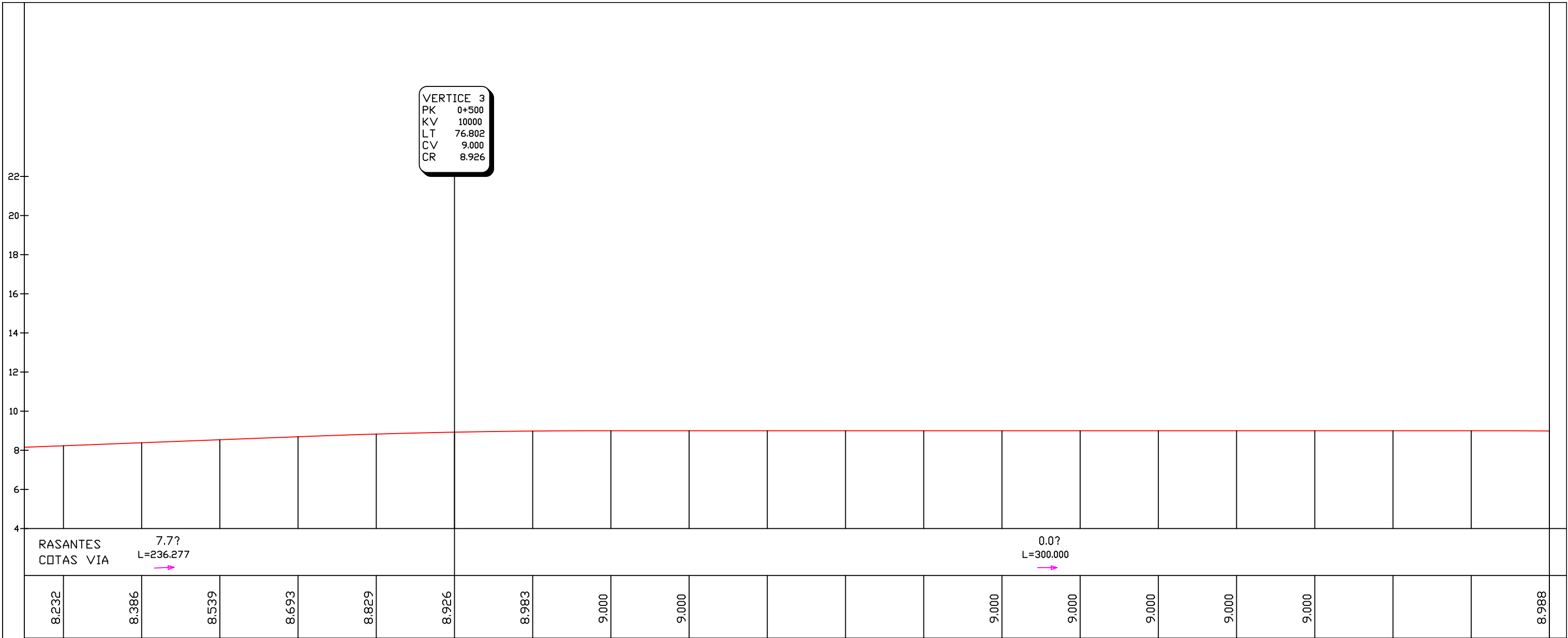
ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

NORTE

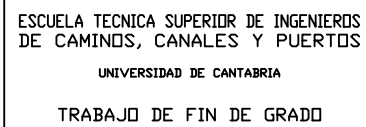
PLANO N
2.3

3. PERFILES



h=70mm

PK.-> P.K. de interseccion de las alineaciones	
KV.-> Parametro del Acuerdo	ESCALAS
LT.-> Longitud de la Tangente del Acuerdo	H. = 1 : 5000
CV.-> Cota en el Vertice	V.= 1 : 500
CR.-> Cota Rasante.	(Medidas en Metros)



TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TITULO DEL PLANO

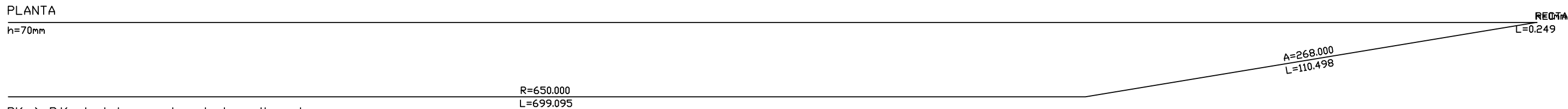
PERFILES-LONGITUDINALES

ESCALA
H: 1/1000
V: 1/200

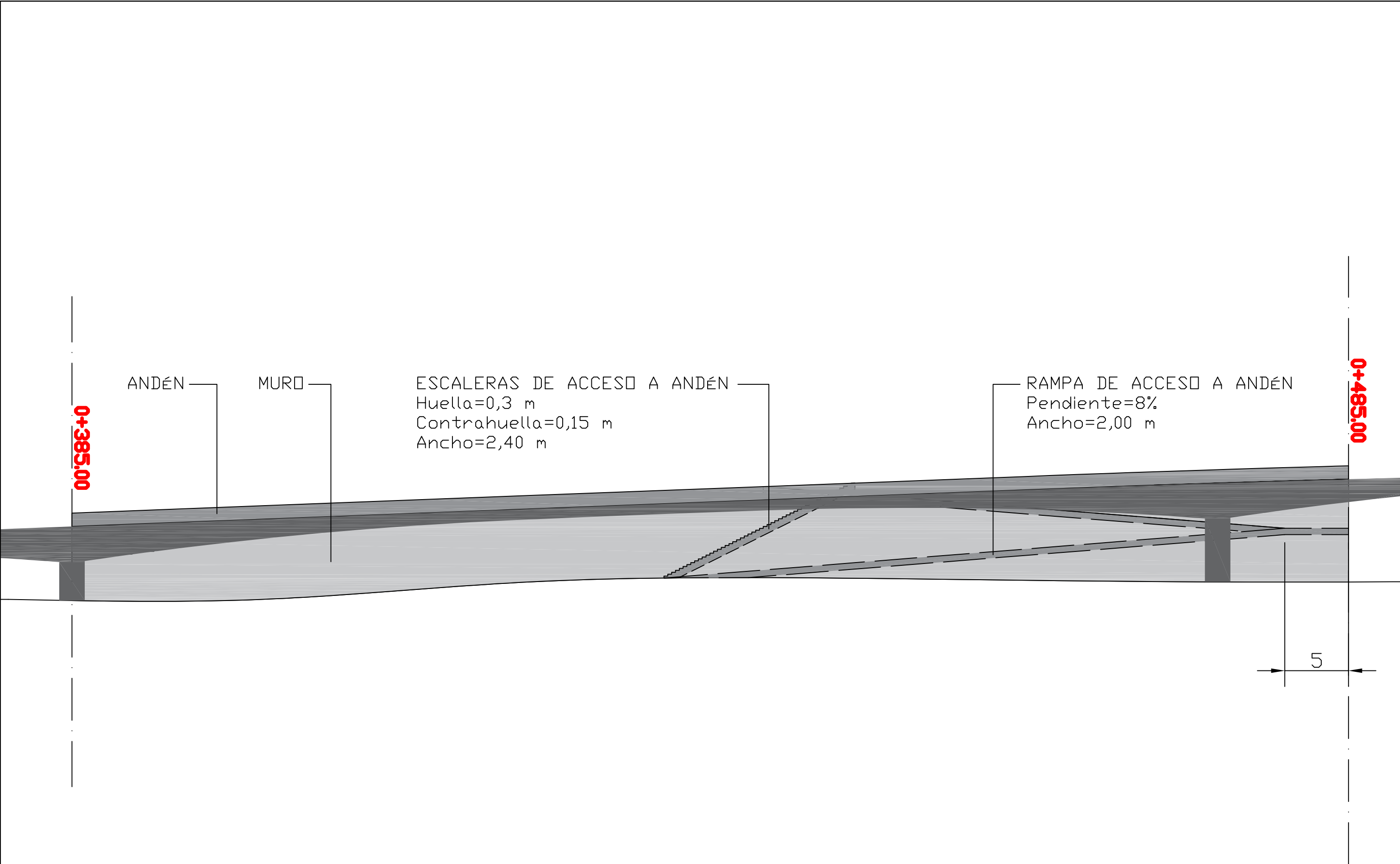
NORTE

PLAND N

3.1.2



ESCALAS
H_v = 1 : 5000
V_v = 1 : 500
(Medidas en Metros)



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO

FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO

PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO

ESQUEMA-PROPUESTA-ACCESOS
ESTACIÓN-MOGRO

AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

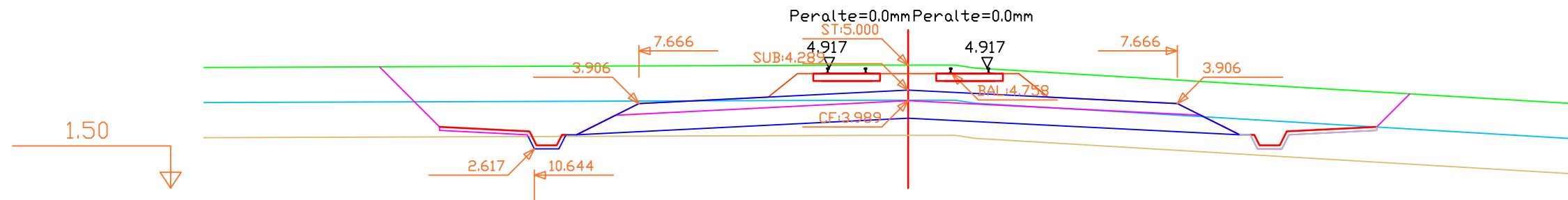
ESCALA
H: 1/275
V: 1/55

FECHA
MAY 0-2021

NORTE

PLANO N

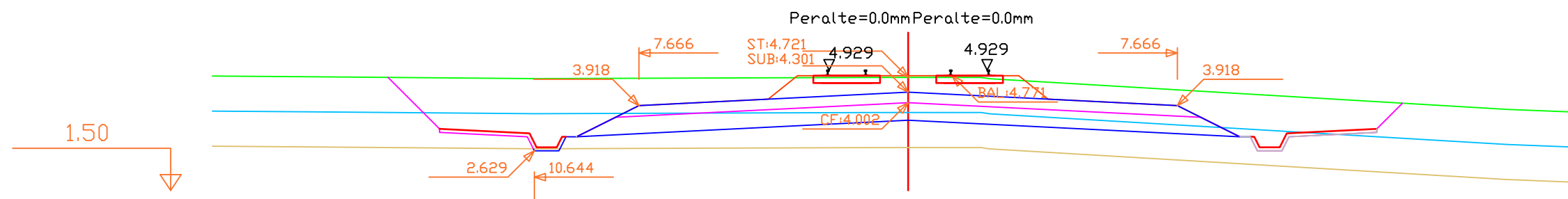
3.1.4



PK=0+000.000

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.
S. FIRME = 17.66 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.
S. REVES CUNETA = 0.80 m2.

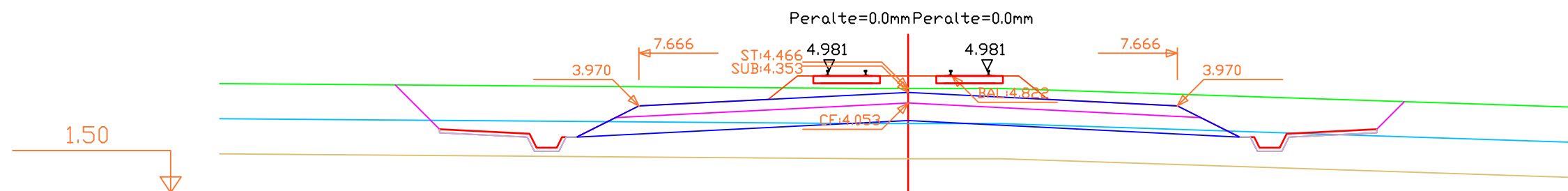
S. D TIERRA = 0.31 m2. S. VEGETAL = 28.37 m2.
S. INADECUADO = 24.43 m2.
S. TERRAPLEN = 7.42 m2.
S. BALASTO = 3.97 m2.



PK=0+020.000

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.
S. FIRME = 17.66 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.
S. REVES CUNETA = 0.80 m2.

S. D TIERRA = 0.04 m2. S. VEGETAL = 27.86 m2.
S. INADECUADO = 22.84 m2.
S. TERRAPLEN = 12.54 m2.
S. BALASTO = 3.97 m2.



PK=0+040.000

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.
S. FIRME = 17.66 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.
S. REVES CUNETA = 0.80 m2.

S. INADECUADO = 21.98 m2.
S. TERRAPLEN = 16.98 m2.
S. BALASTO = 3.97 m2.
S. VEGETAL = 27.72 m2.



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PERFILES-TRANSVERSALES

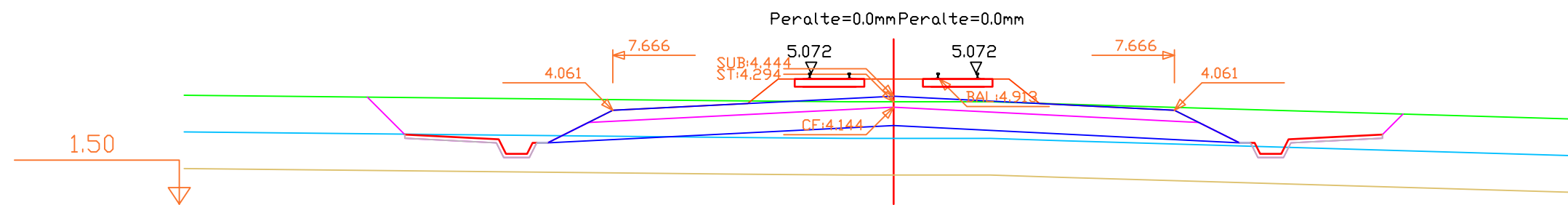
AUTOR
FERNANDO MERINO MARTINEZ

ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

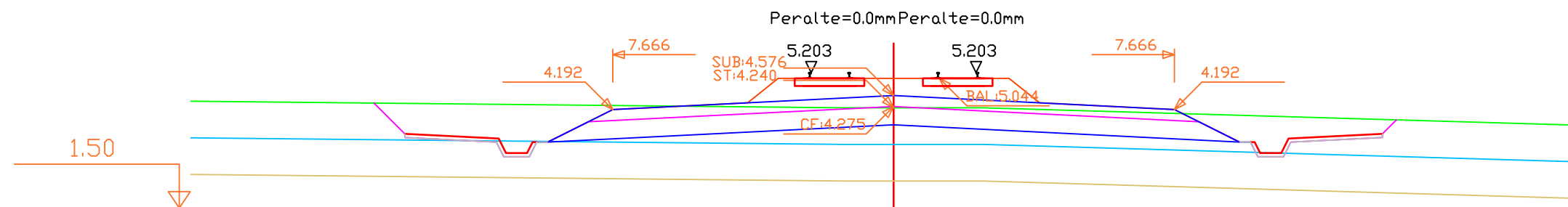
NORTE

PLANO N
3.2.1



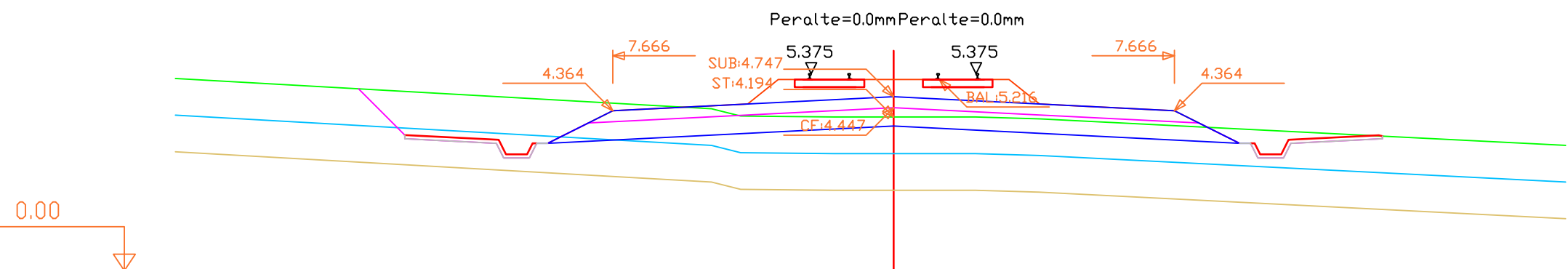
Pk=0+060.000

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.	S. INADECUADO = 20.73 m2.
S. FIRME = 17.66 m2.	S. TERRAPLEN = 22.04 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.	S. BALASTO = 3.97 m2.
S. REVES CUNETA = 0.80 m2.	S. VEGETAL = 26.80 m2.



Pk=0+080.000

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.	S. INADECUADO = 19.97 m2.
S. FIRME = 17.66 m2.	S. TERRAPLEN = 25.61 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.	S. BALASTO = 3.97 m2.
S. REVES CUNETA = 0.80 m2.	S. VEGETAL = 25.99 m2.



Pk=0+100.000

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.	S. INADECUADO = 20.84 m2.
S. FIRME = 17.66 m2.	S. TERRAPLEN = 28.75 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.	S. BALASTO = 3.97 m2.
S. REVES CUNETA = 0.80 m2.	S. VEGETAL = 25.06 m2.



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PERFILES-TRANSVERSALES

AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

NORTE

PLANO N
3.2.2



S. CAPA DE FORMA =	8.89 m2.	S. INADECUADO =	19.64 m2.
S. FIRME =	17.66 m2.	S. TERRAPLEN =	39.73 m2.
S. SUBBALASTO =	4.80 m2.	S. BALASTO =	3.97 m2.
S. REVES CUNETA =	0.40 m2.	S. VEGETAL =	22.58 m2.



S. CAPA DE FORMA =	8.89 m2.	S. INADECUADO =	20.39 m2.
S. FIRME =	17.66 m2.	S. TERRAPLEN =	51.64 m2.
S. SUBBALASTO =	4.80 m2.	S. BALASTO =	3.97 m2.
S. REVES CUNETA =	0.40 m2.	S. VEGETAL =	21.64 m2.



S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2. S. TERRAPLEN = 60.23 m2. S. SUBBALASTO = 4.80 m2. S. VEGETAL = 21.15 m2.
S. FIRME = 17.66 m2. S. BALASTO = 3.97 m2. S. INADECUADO = 21.15 m2.

TIPO
ANTEPROYECTO

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO

PROVINCIA
CANTABRIA

AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

FECHA
MAY 0-2021

PLAND N

3.2.3



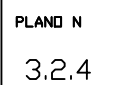
S. CAPA DE FORMA =	8.89 m2.	S. TERRAPLEN =	68.52 m2.
S. FIRME =	17.66 m2.	S. BALASTO =	3.97 m2.
S. SUBBALASTO =	4.80 m2.	S. VEGETAL =	22.01 m2.
S. INADECUADO =	22.01 m2.		

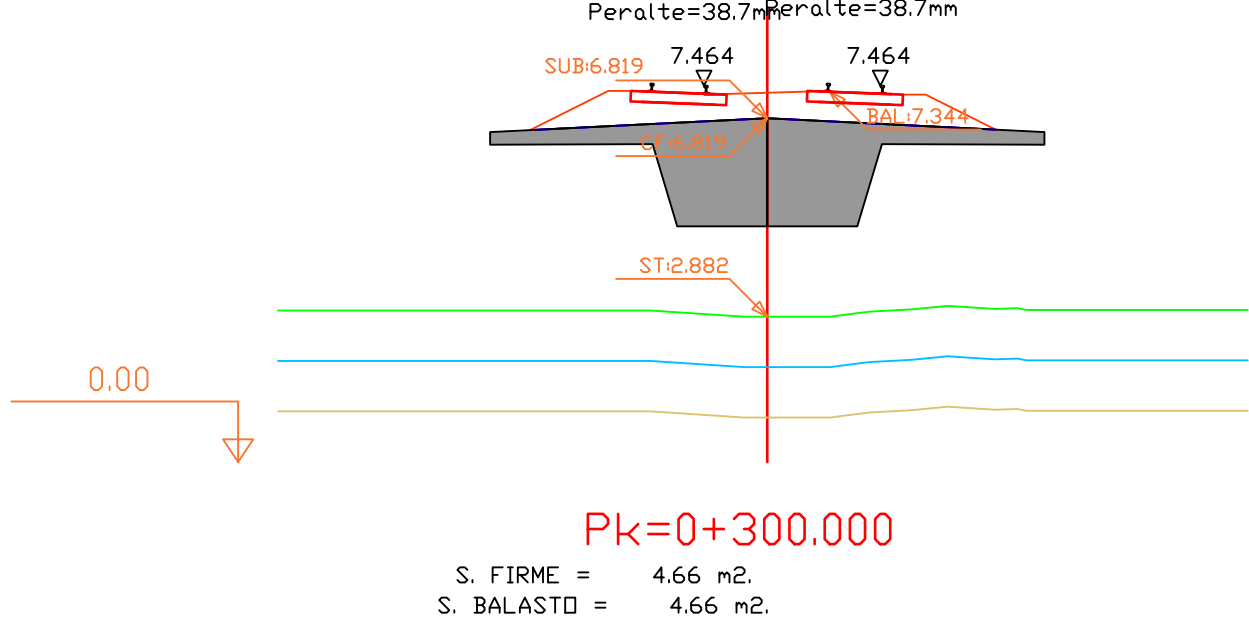
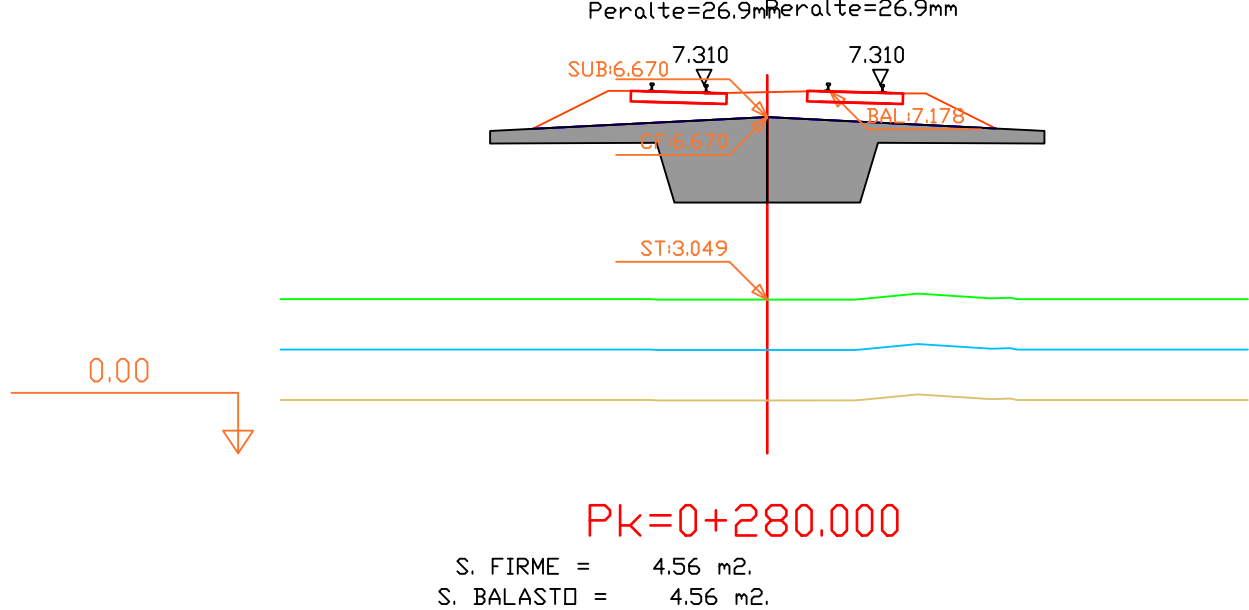


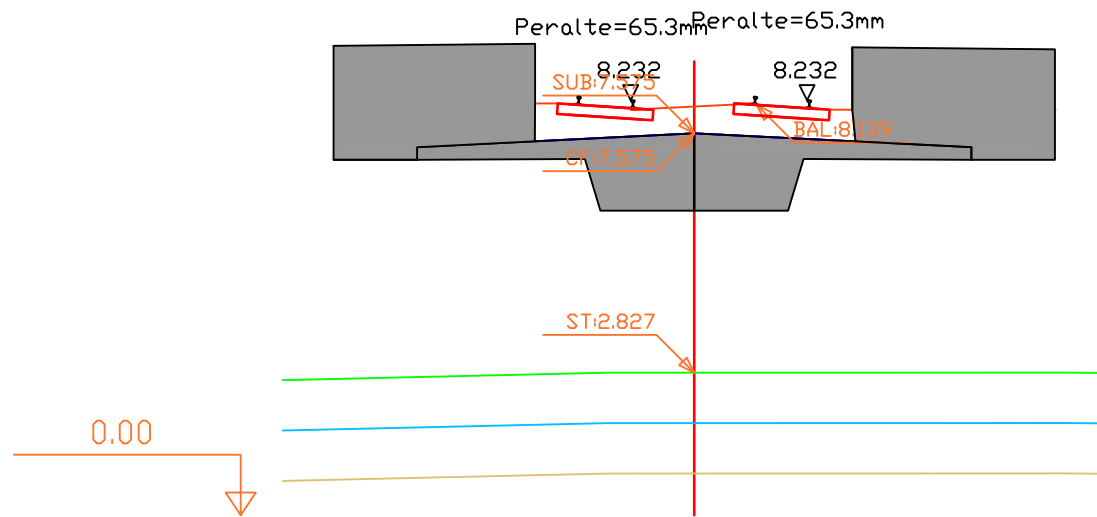
S. FIRME = 4.32 m2.
S. BALASTO = 4.32 m2.



S. FIRME = 4.32 m2.
S. BALASTO = 4.32 m2.

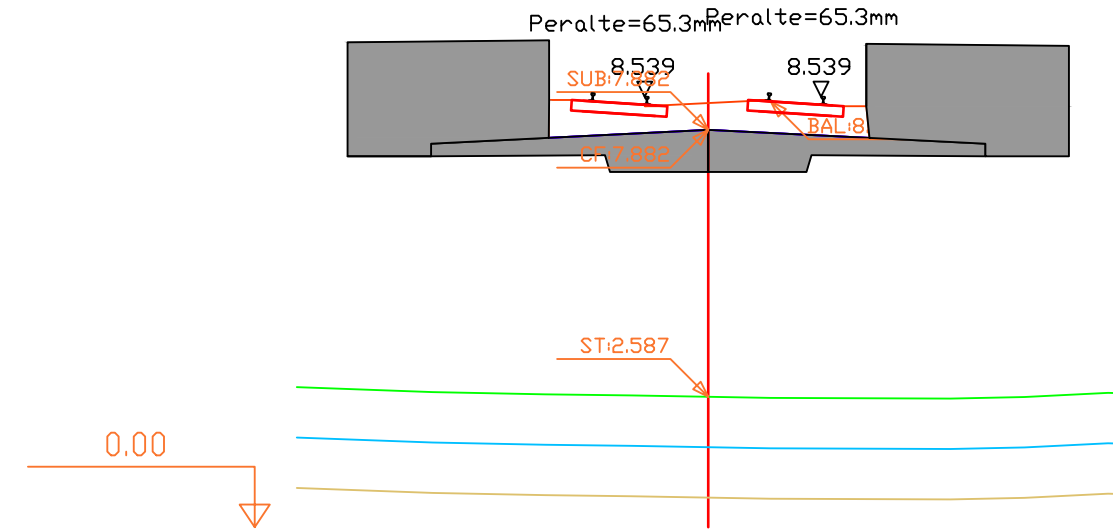






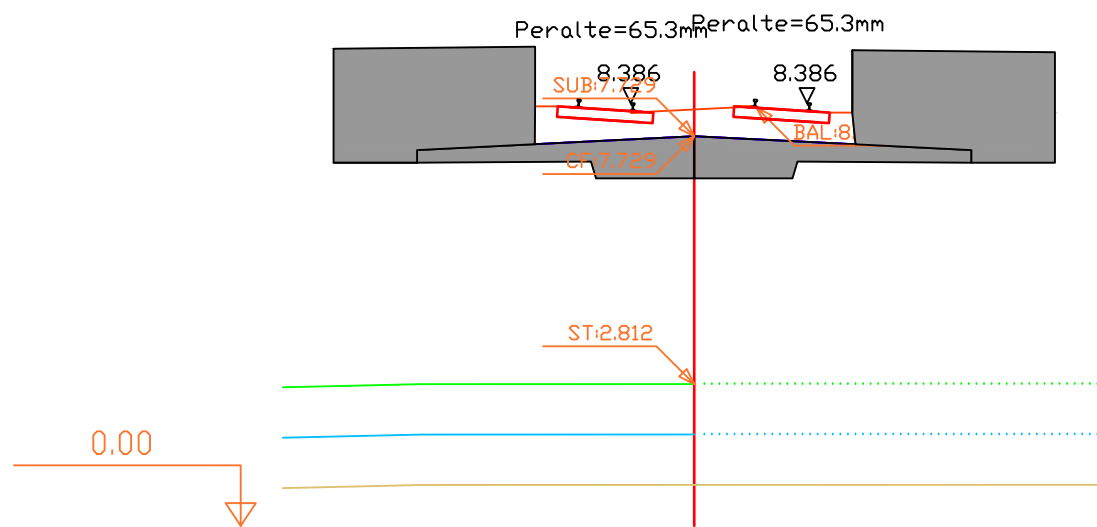
Pk=0+400.000

S. FIRME = 3.86 m2.
S. BALASTO = 3.86 m2.



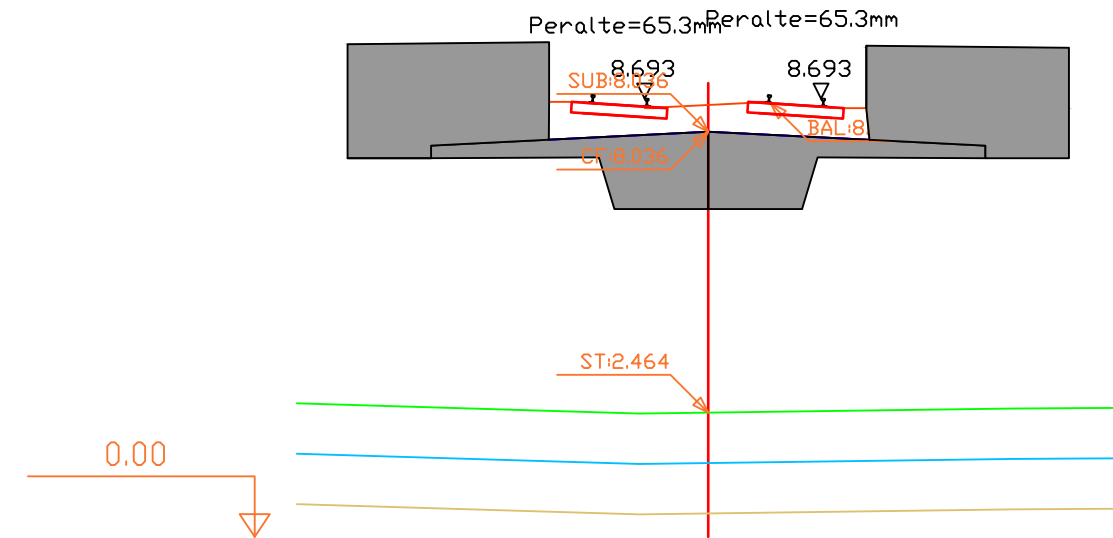
Pk=0+440.000

S. FIRME = 3.86 m2.
S. BALASTO = 3.86 m2.



Pk=0+420.000

S. FIRME = 3.86 m2.
S. BALASTO = 3.86 m2.



Pk=0+460.000

S. FIRME = 3.86 m2.
S. BALASTO = 3.86 m2.



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PERFILES-TRANSVERSALES

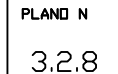
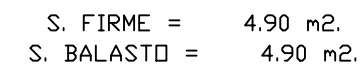
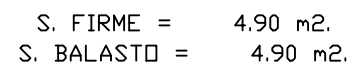
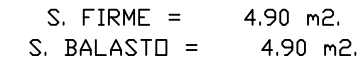
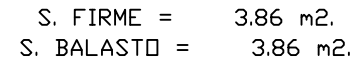
AUTOR
FERNANDO MERINO MARTINEZ

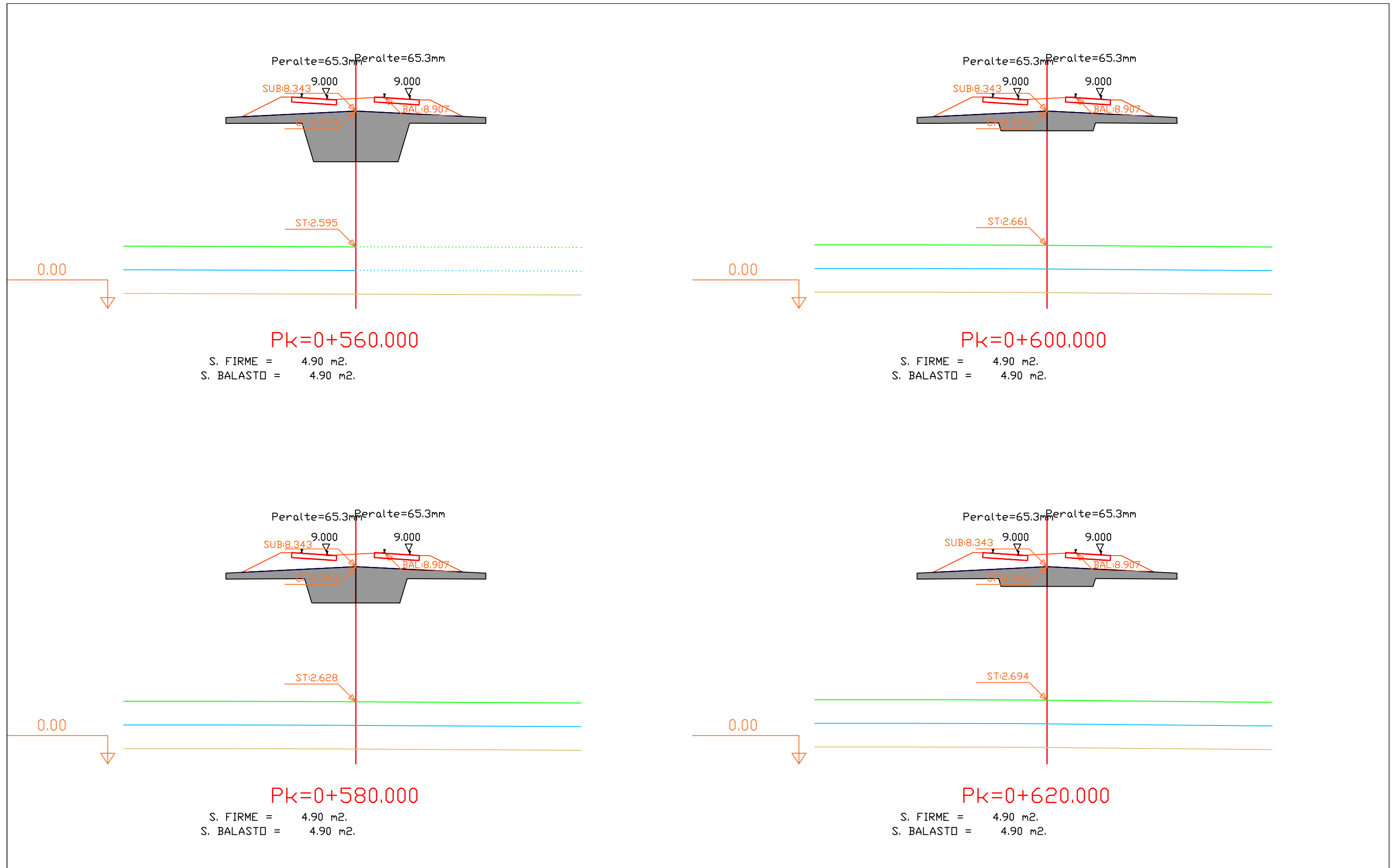
ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

NORTE

PLANO N
3.2.7





ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PERFILES-TRANSVERSALES

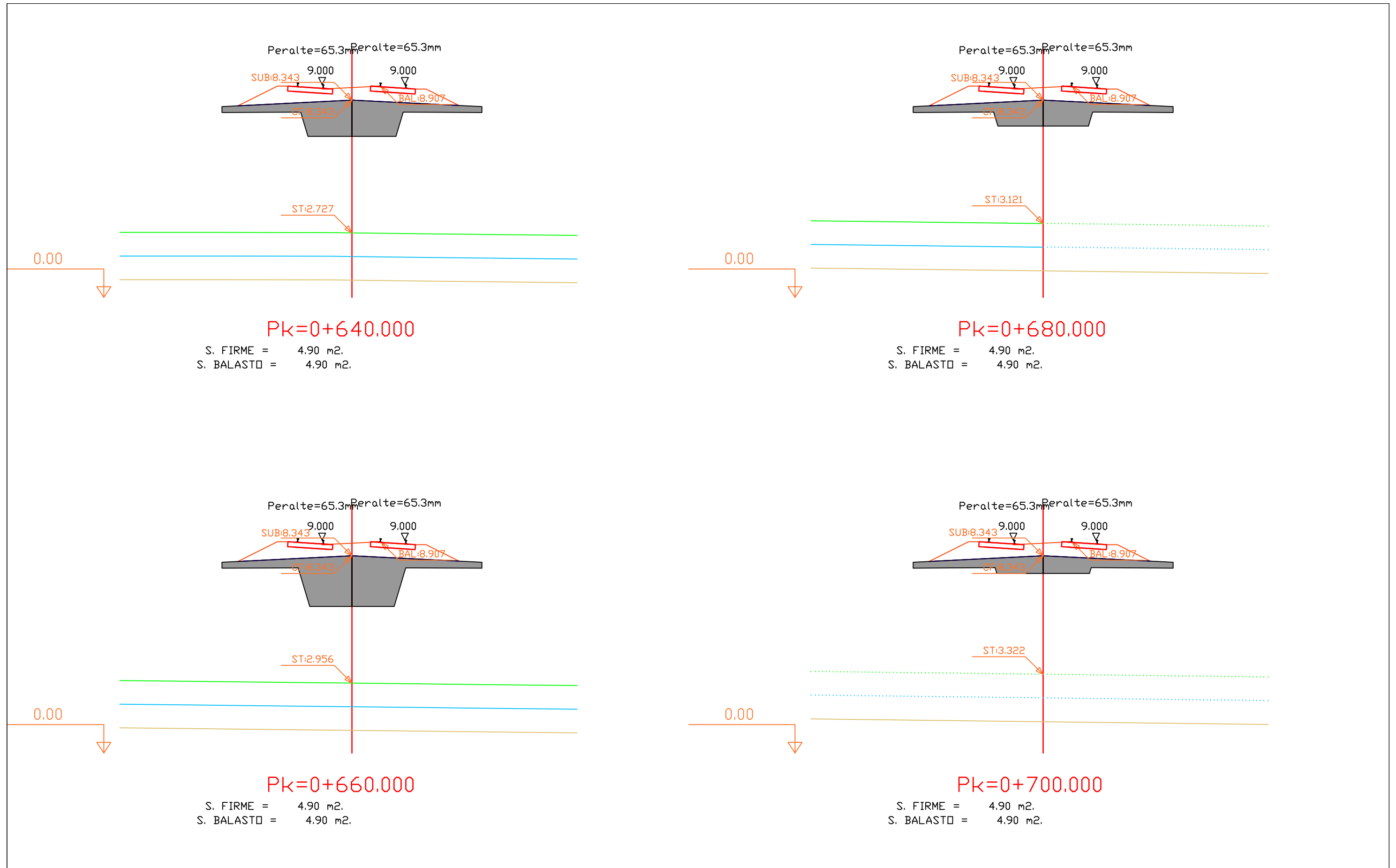
AUTOR
FERNANDO MERINO MARTINEZ

ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

NORTE

PLANO N
3.2.9



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PERFILES-TRANSVERSALES

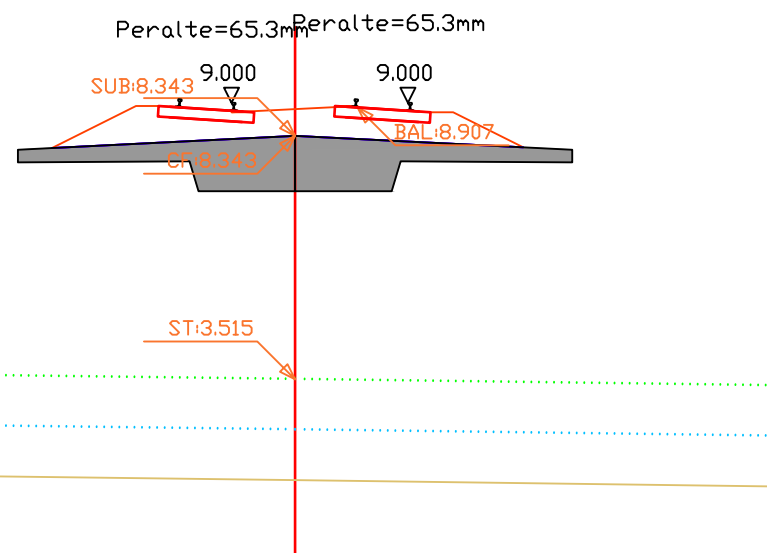
AUTOR
FERNANDO MERINO MARTINEZ

ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

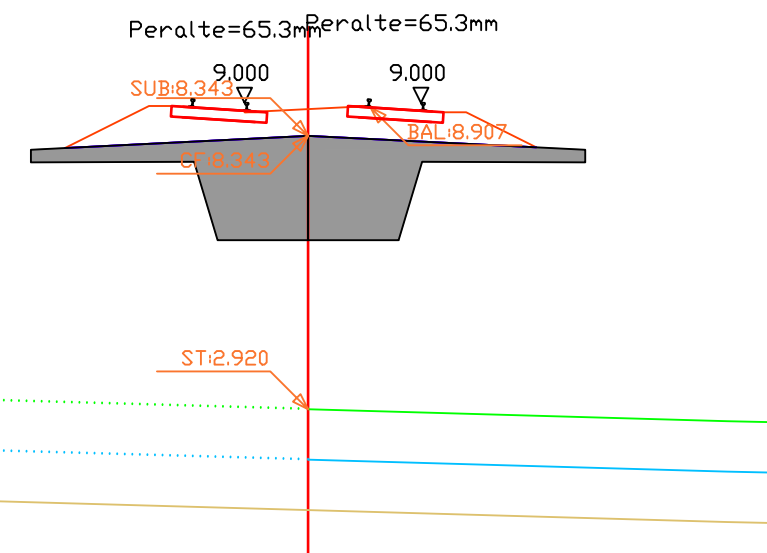
NORTE

PLANO N
3.2.10



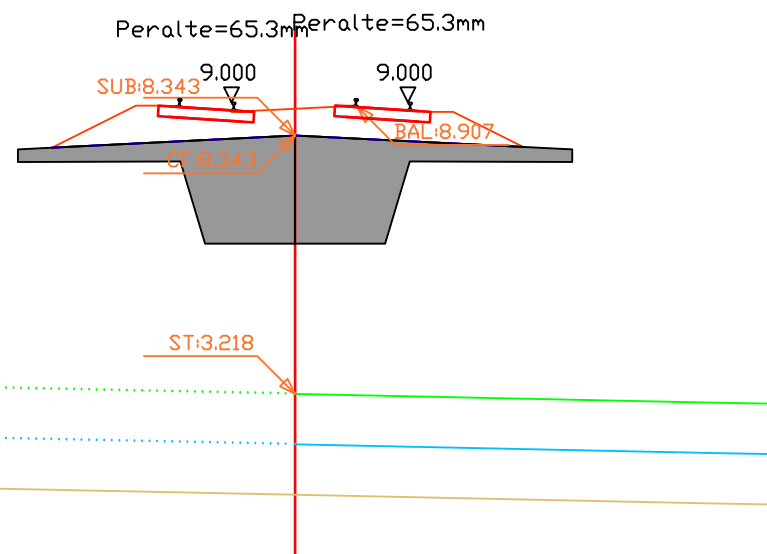
Pk=0+720.000

S. FIRME = 4.90 m2.
S. BALASTO = 4.90 m2.



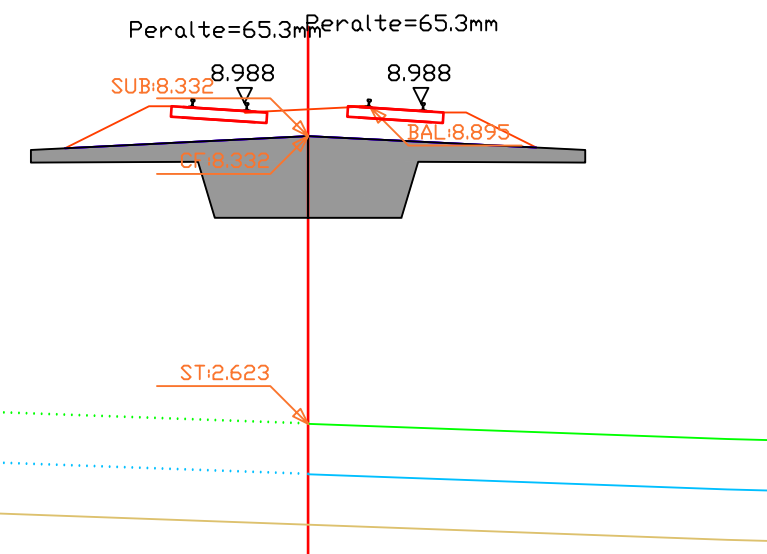
Pk=0+760.000

S. FIRME = 4.90 m2.
S. BALASTO = 4.90 m2.



Pk=0+740.000

S. FIRME = 4.90 m2.
S. BALASTO = 4.90 m2.



Pk=0+780.000

S. FIRME = 4.90 m2.
S. BALASTO = 4.90 m2.



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PERFILES-TRANSVERSALES

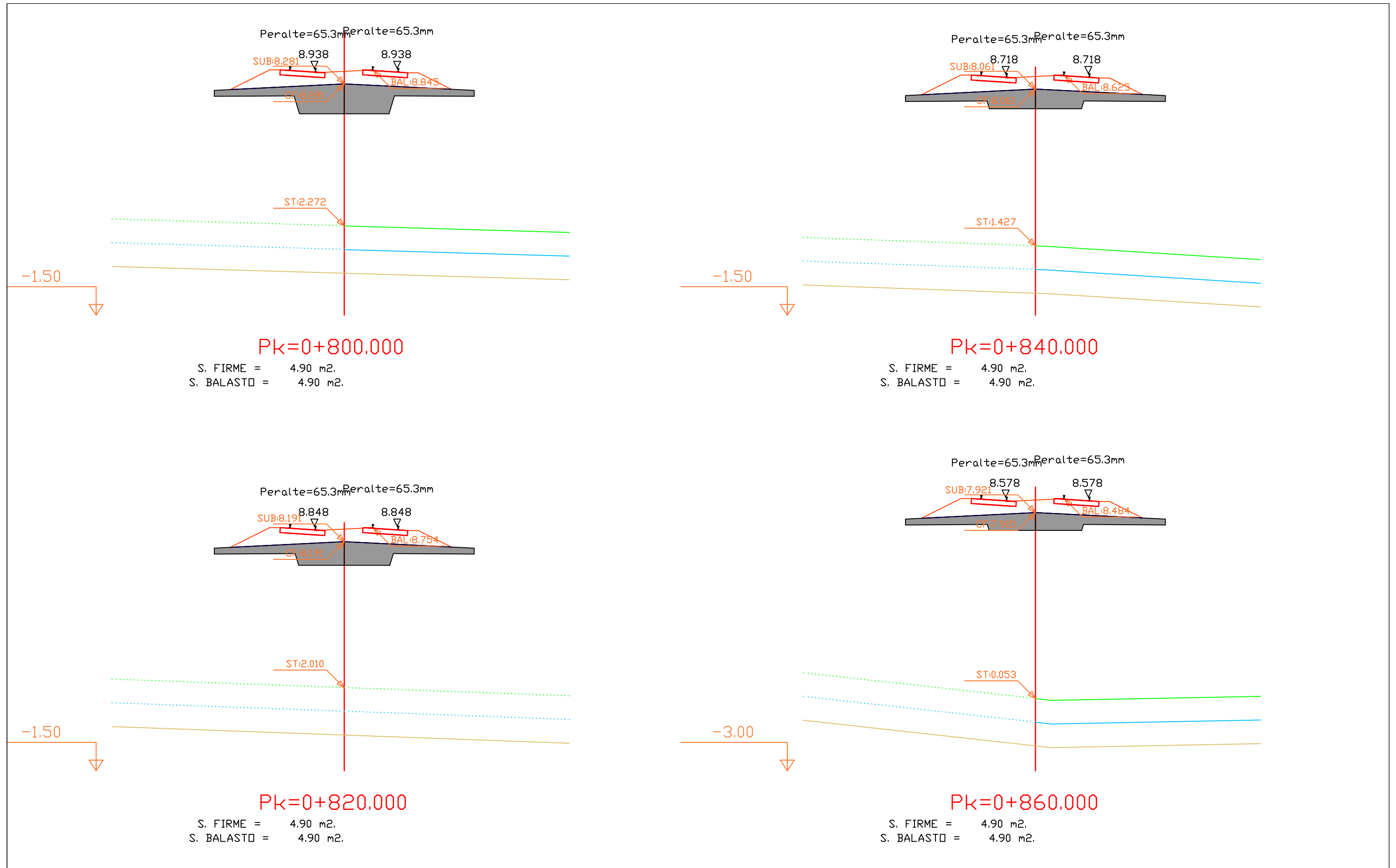
AUTOR
FERNANDO MARTINEZ MARTINEZ

ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

NORTE

PLANO N
3.2.11



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CAÑALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PERFILES-TRANSVERSALES

AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

NORTE

PLANO N
3.2.12



S. FIRME = 4.90 m2.
S. BALASTO = 4.90 m2.



S. FIRME = 4.90 m2.
S. BALASTO = 4.90 m2.

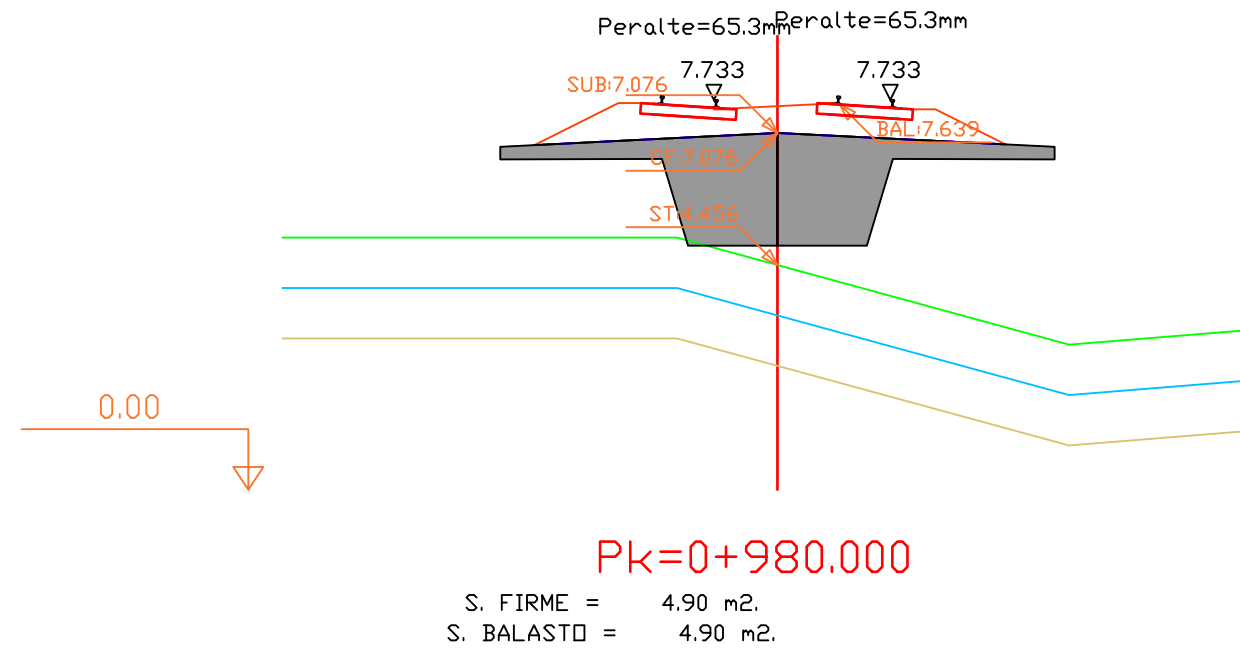
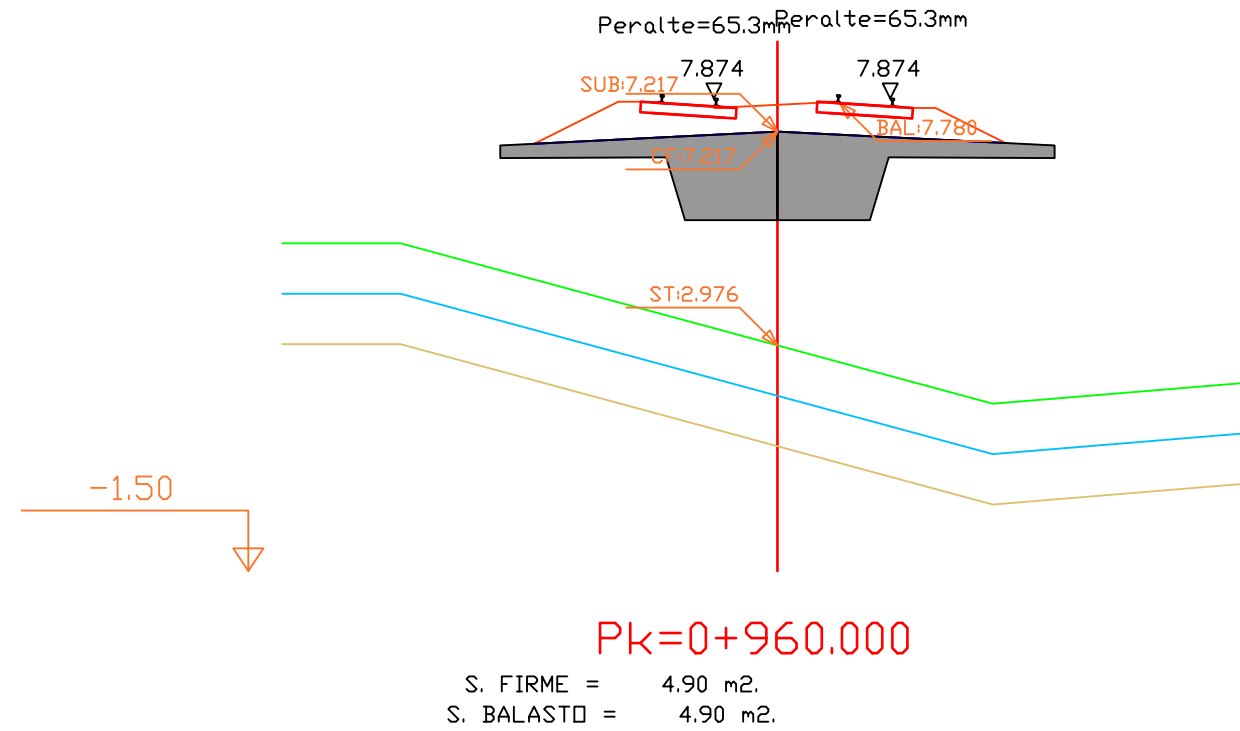



S. FIRME = 4.90 m2.
S. BALASTO = 4.90 m2.



S. FIRME = 4.90 m2.
S. BALASTO = 4.90 m2.





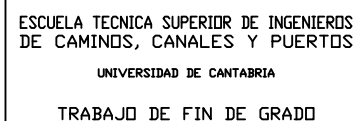
	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA TRABAJO DE FIN DE GRADO	TIPO ANTEPROYECTO	TITULO FF.CC.MOGRO-MORTERA ADIF-R.A.M.	TERMINO MUNICIPAL MIENGO PROVINCIA CANTABRIA	TITULO DEL PLANO PERFILES-TRANSVERSALES	AUTOR FERNANDO MEBAND MARTINEZ	ESCALA 1/150	FECHA MAYO-2021	NORTE	PLANO N 3.2.14
---	--	----------------------	--	---	--	-----------------------------------	-----------------	--------------------	-------	-------------------



S. CAPA DE FORMA =	8.89 m2.	S. TERRAPLEN =	60.94 m2.
S. FIRME =	18.16 m2.	S. BALASTO =	4.47 m2.
S. SUBBALASTO =	4.80 m2.	S. VEGETAL =	21.54 m2.
S. INADECUADO =	21.54 m2.		



S. CAPA DE FORMA =	8.89 m2.	S. TERRAPLEN =	56.82 m2.
S. FIRME =	18.16 m2.	S. BALASTO =	4.47 m2.
S. SUBBALASTO =	4.80 m2.	S. VEGETAL =	20.98 m2.
S. INADECUADO =	20.98 m2.		


$$P_k = 1 + 0.40,000$$


TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TITULO DEL PLANO

PERFILES-TRANSVERSALES

AUTOR

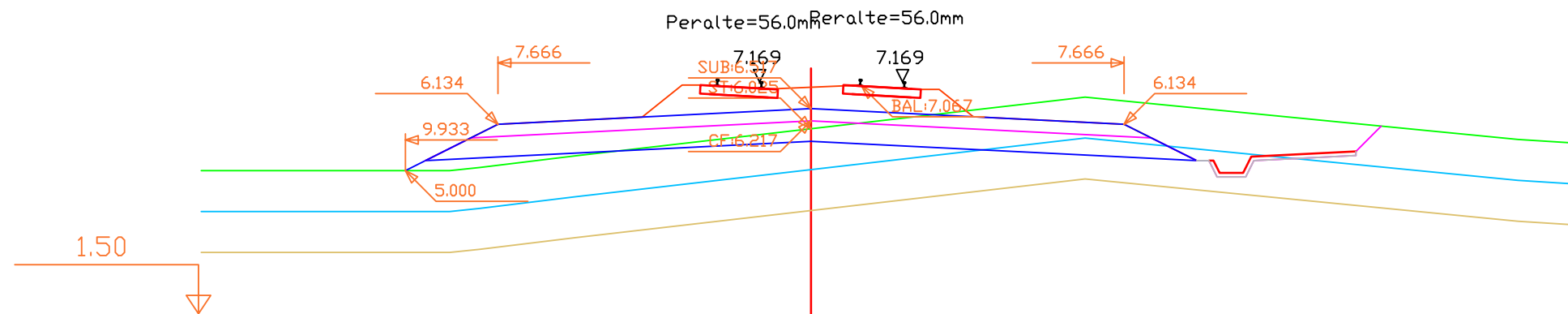
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

ESCALA
1/150

FECHA
MAY 0-2021

NORTE

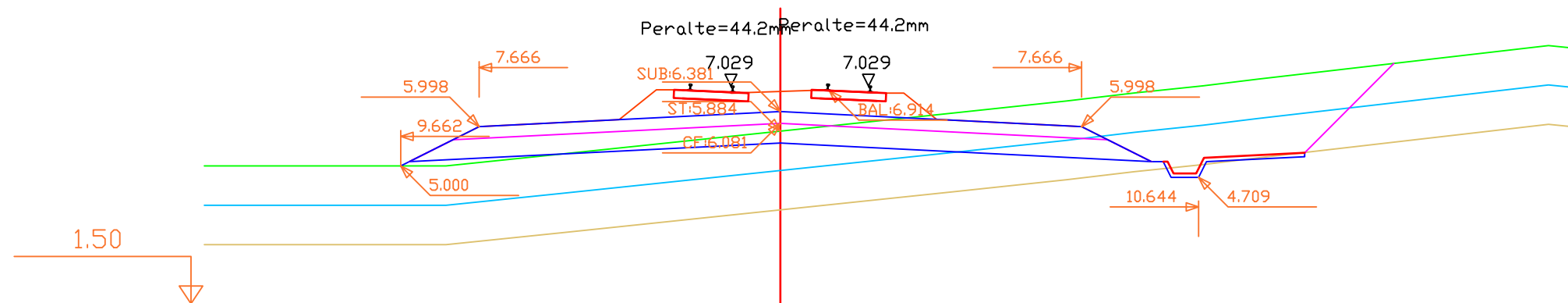
PLANO N
3.2.15



Pk=1+060.000

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.
S. FIRME = 18.09 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.
S. REVES CUNETA = 0.40 m2.

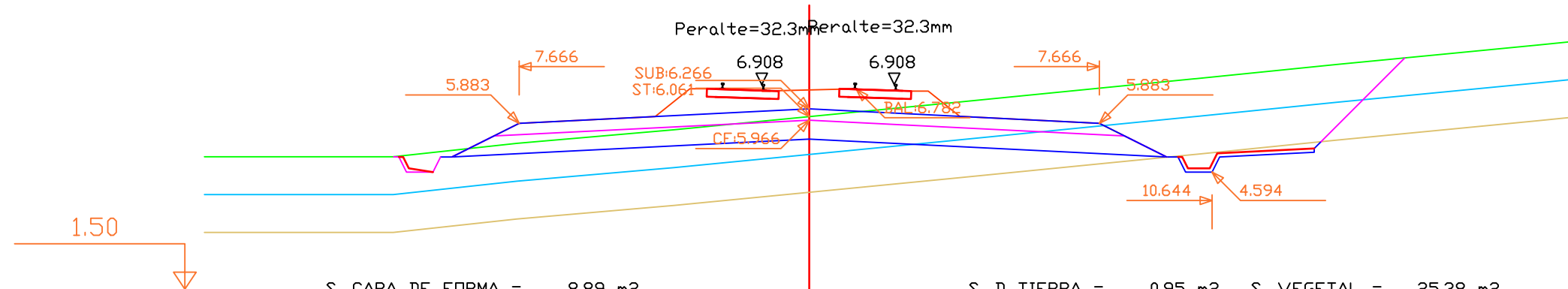
S. INADECUADO = 20.33 m2.
S. TERRAPLEN = 29.56 m2.
S. BALASTO = 4.40 m2.
S. VEGETAL = 23.32 m2.



Pk=1+080.000

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.
S. FIRME = 18.00 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.
S. REVES CUNETA = 0.40 m2.

S. D TIERRA = 0.32 m2.
S. INADECUADO = 23.58 m2.
S. TERRAPLEN = 28.04 m2.
S. BALASTO = 4.31 m2.
S. VEGETAL = 24.71 m2.



Pk=1+100.000

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.
S. FIRME = 17.91 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.
S. REVES CUNETA = 0.47 m2.

S. D TIERRA = 0.95 m2.
S. INADECUADO = 23.82 m2.
S. TERRAPLEN = 22.46 m2.
S. BALASTO = 4.22 m2.
S. VEGETAL = 25.38 m2.



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PERFILES-TRANSVERSALES

AUTOR
FERNANDO MARTÍNEZ MARTÍNEZ

ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

NORTE

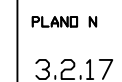
PLANO N
3.2.16

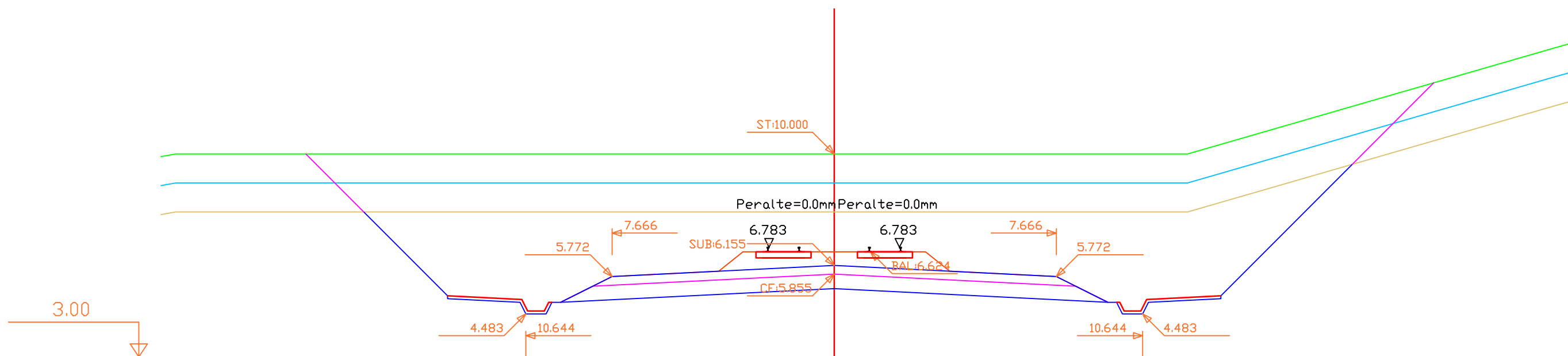


S. CAPA DE FORMA =	8.89 m2.	S. D TIERRA =	5.69 m2.	S. VEGETAL =	26.75 m2.
S. FIRME =	17.82 m2.	S. INADECUADO =	24.70 m2.		
S. SUBBALASTO =	4.80 m2.	S. TERRAPLEN =	13.98 m2.		
S. REVES CUNETAS =	0.48 m2.	S. BALASTO =	4.13 m2.		



S. CAPA DE FORMA =	8.89 m2.	S. D TIERRA =	79.51 m2.
S. FIRME =	17.73 m2.	S. INADECUADO =	32.70 m2.
S. SUBBALASTO =	4.80 m2.	S. BALASTO =	4.04 m2.
S. REVES CUNETAS =	0.80 m2.	S. VEGETAL =	34.71 m2.





Km=1+154.925

S. CAPA DE FORMA = 8.89 m2.	S. D TIERRA = 90.83 m2.
S. FIRME = 17.66 m2.	S. INADECUADO = 35.32 m2.
S. SUBBALASTO = 4.80 m2.	S. BALASTO = 3.97 m2.
S. REVES CUNETA = 0.80 m2.	S. VEGETAL = 37.72 m2.



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PERFILES-TRANSVERSALES

AUTOR
FERNANDO MERINO MARTINEZ

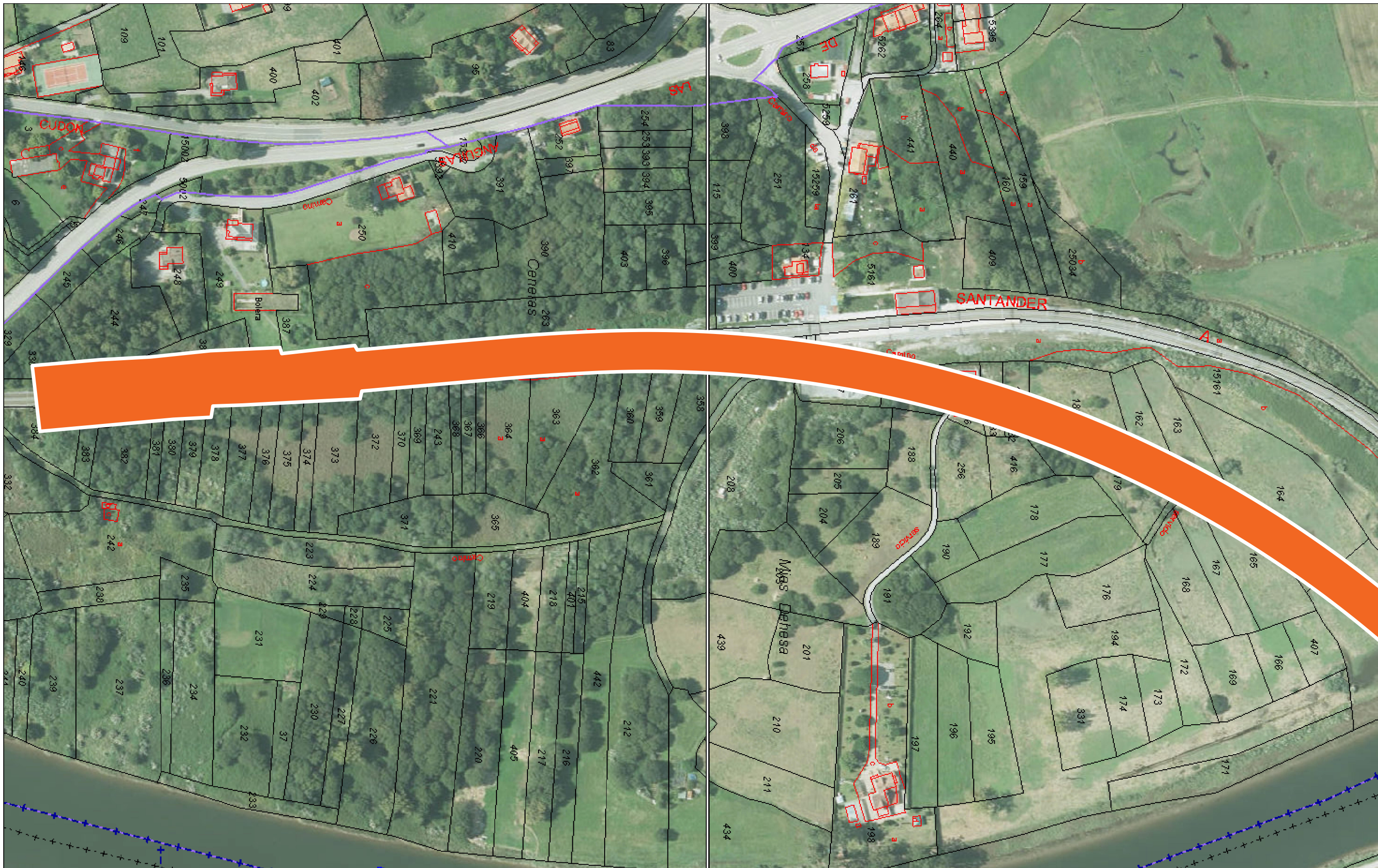
ESCALA
1/150

FECHA
MAYO-2021

NORTE

PLANO N
3.2.18

4. SERVICIOS AFECTADOS Y EXPROPIACIONES



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRD-MORTERA
ADIF- R.V.A.M.

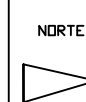
TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
EXPROPIACIONES

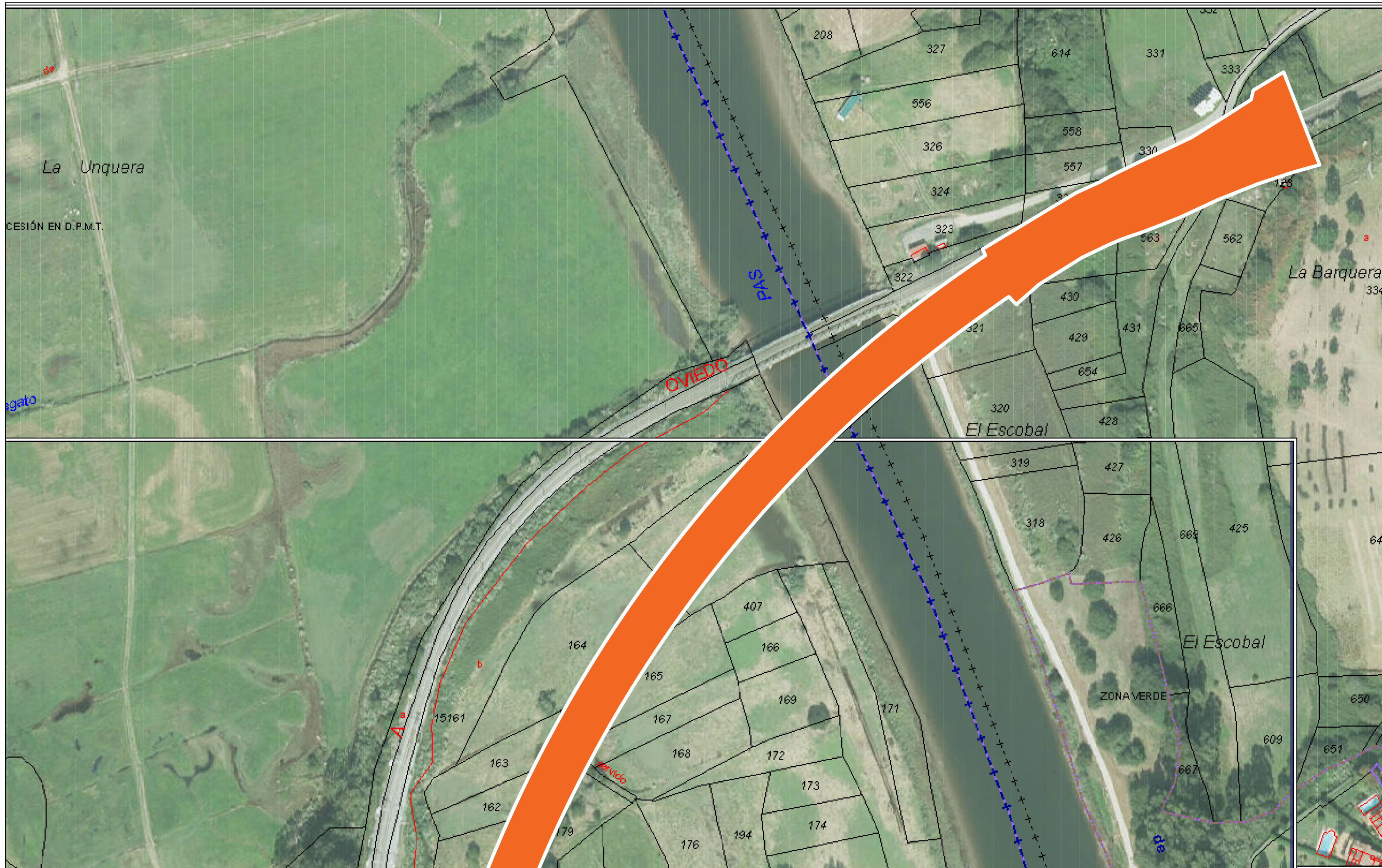
AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

ESCALA
1/2000

FECHA
MAYO-2021



PLANO N
4.2.1



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TÍTULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
MIENGO
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
EXPROPIACIONES

AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

ESCALA
1/1750




FECHA
MAYO-2021

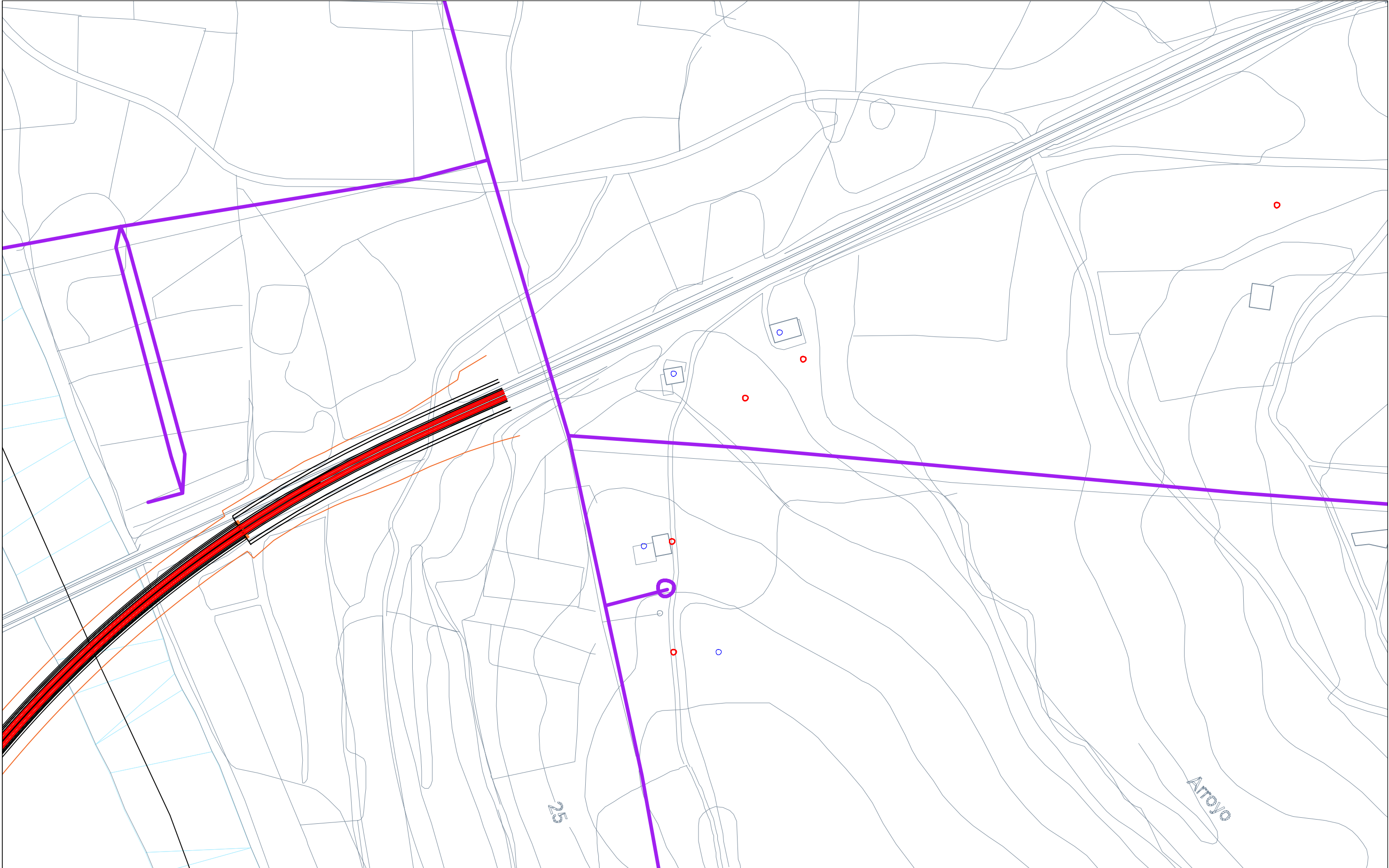




PLANO N
4.2.2

He añadido esta página en blanco para poder subir el documento a Moodle, ya que daba error por falta de palabras y/o caracteres






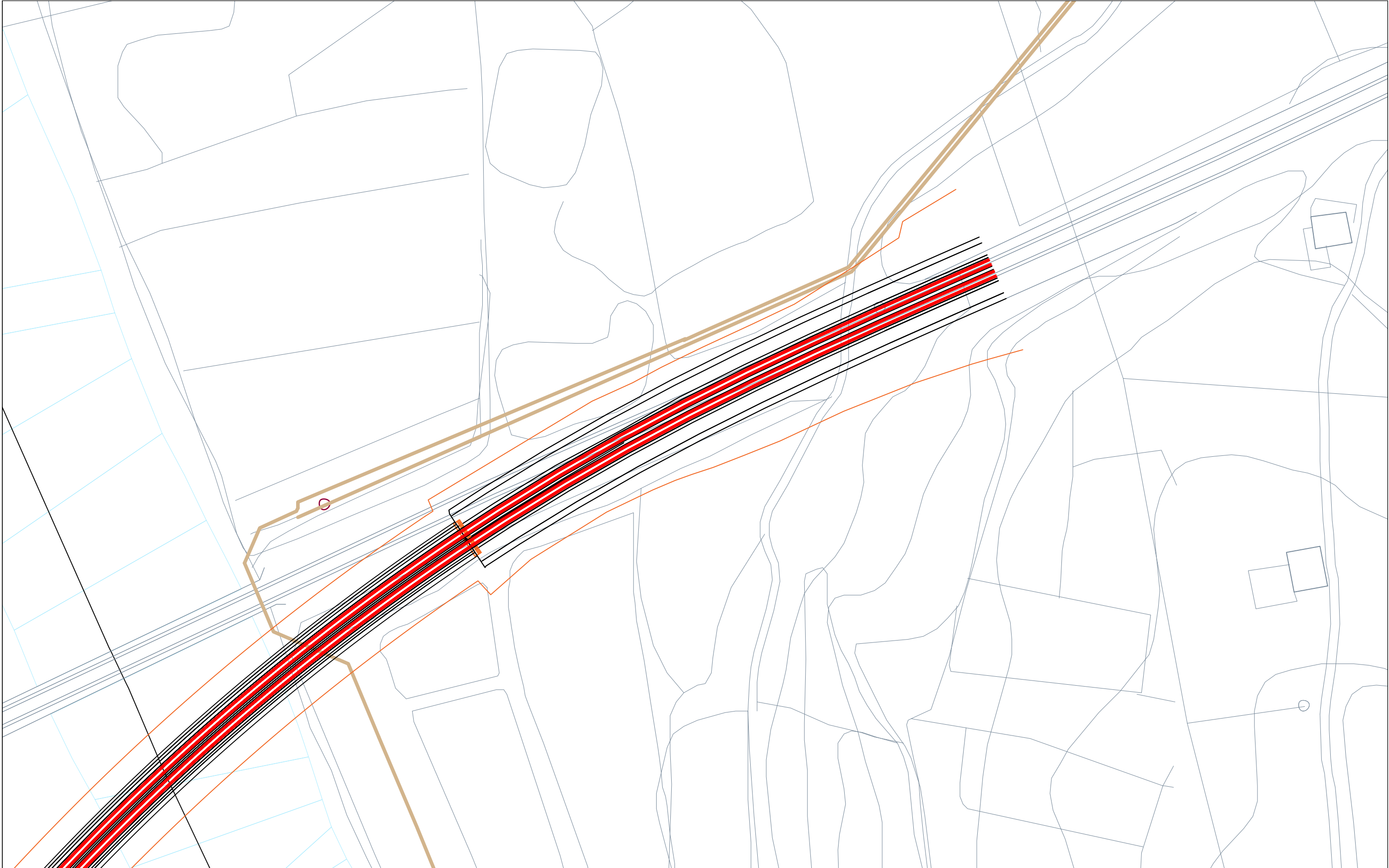
	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA TRABAJO DE FIN DE GRADO	TIPO ANTEPROYECTO	TITULO FF.CC.MOGRO-MORTERA ADIF-R.A.M.	TERMINO MUNICIPAL PIELAGOS PROVINCIA CANTABRIA	TITULO DEL PLANO SERVICIOS-AFECTADOS RED-DE-ALUMBRADO-PUBLICO	AUTOR FERNANDO MERINO MARTÍNEZ 	ESCALA 1/2000	FECHA MAYO-2021	NORTE 	PLANO N 4.1.2
---	--	----------------------	--	---	---	--	------------------	--------------------	--	------------------






	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA TRABAJO DE FIN DE GRADO	TIPO ANTEPROYECTO	TITULO FF.CC.MOGRO-MORTERA ADIF-R.A.M.	TERMINO MUNICIPAL PIELAGOS PROVINCIA CANTABRIA	TITULO DEL PLANO SERVICIOS-AFECTADOS RED-ELÉCTRICA	AUTOR FERNANDO MERINO MARTÍNEZ	ESCALA 1/2000	FECHA MAYO-2021	NORTE 	PLANO N 4.1.3
---	--	----------------------	--	---	--	-----------------------------------	------------------	--------------------	--	------------------

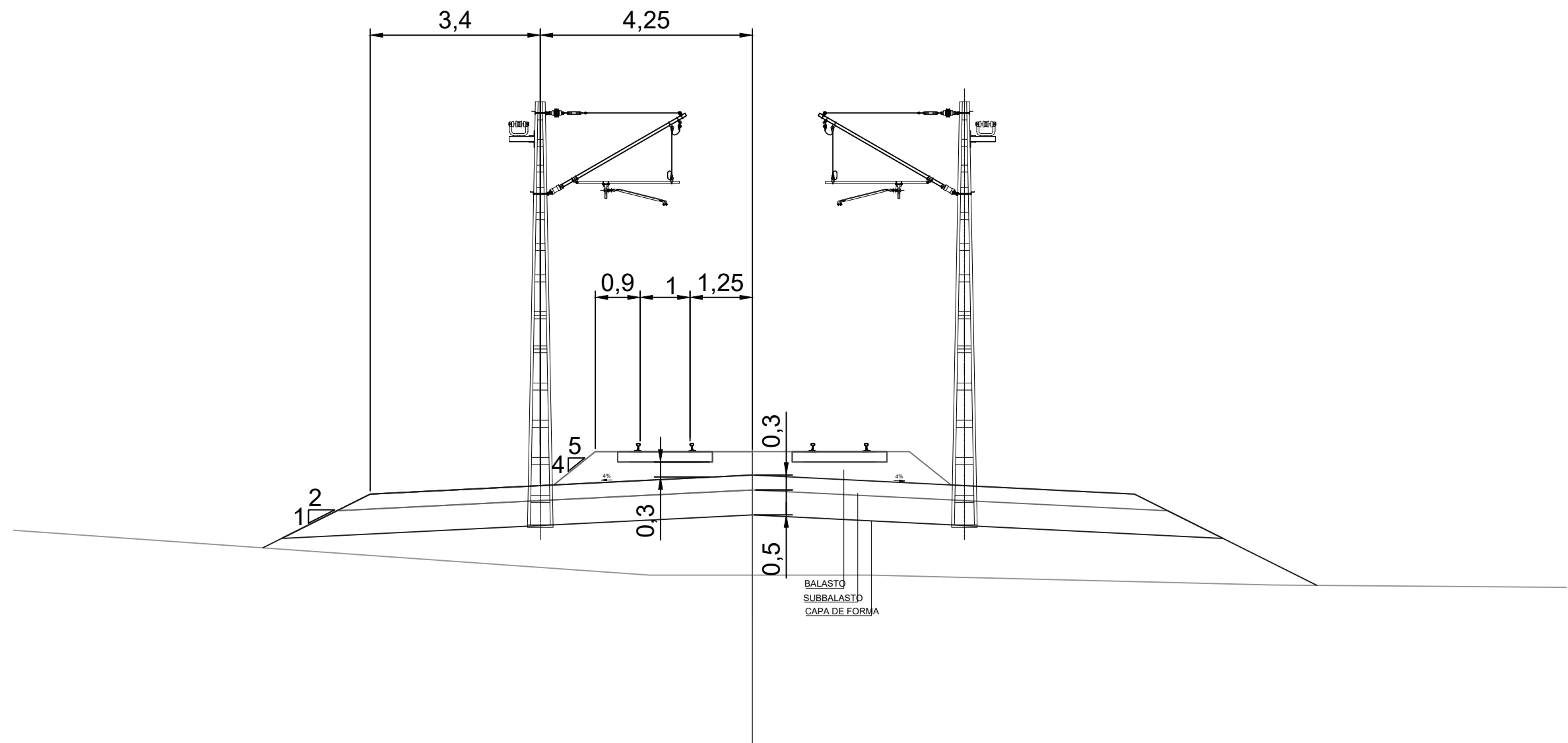


	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA TRABAJO DE FIN DE GRADO	TIPO ANTEPROYECTO	TITULO FF.CC.MOGRO-MORTERA ADIF-R.A.M.	TERMINO MUNICIPAL PIELAGOS PROVINCIA CANTABRIA	TITULO DEL PLANO SERVICIOS-AFECTADOS RED-DE-TELECOMUNICACIONES	AUTOR FERNANDO MERINO MARTÍNEZ 	ESCALA 1/2000	FECHA MAYO-2021	NORTE 	PLANO N 4.1.5
---	--	----------------------	--	---	--	---	------------------	--------------------	--	------------------



	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA TRABAJO DE FIN DE GRADO	TIPO ANTEPROYECTO	TITULO FF.CC.MOGRO-MORTERA ADIF-R.A.M.	TERMINO MUNICIPAL PIELAGOS PROVINCIA CANTABRIA	TITULO DEL PLANO SERVICIOS-AFECTADOS RED-DE-SANEAMIENTO	AUTOR FERNANDO NERINO MARTÍNEZ 	ESCALA 1/1000	FECHA MAYO-2021	NORTE 	PLANO N 4.1.6
---	--	----------------------	--	---	---	--	------------------	--------------------	--	------------------

5. SECCIONES TIPO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TÍTULO
FF.CC.MOGRD-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
SECCIÓN-TIPO-TERRAPLÉN

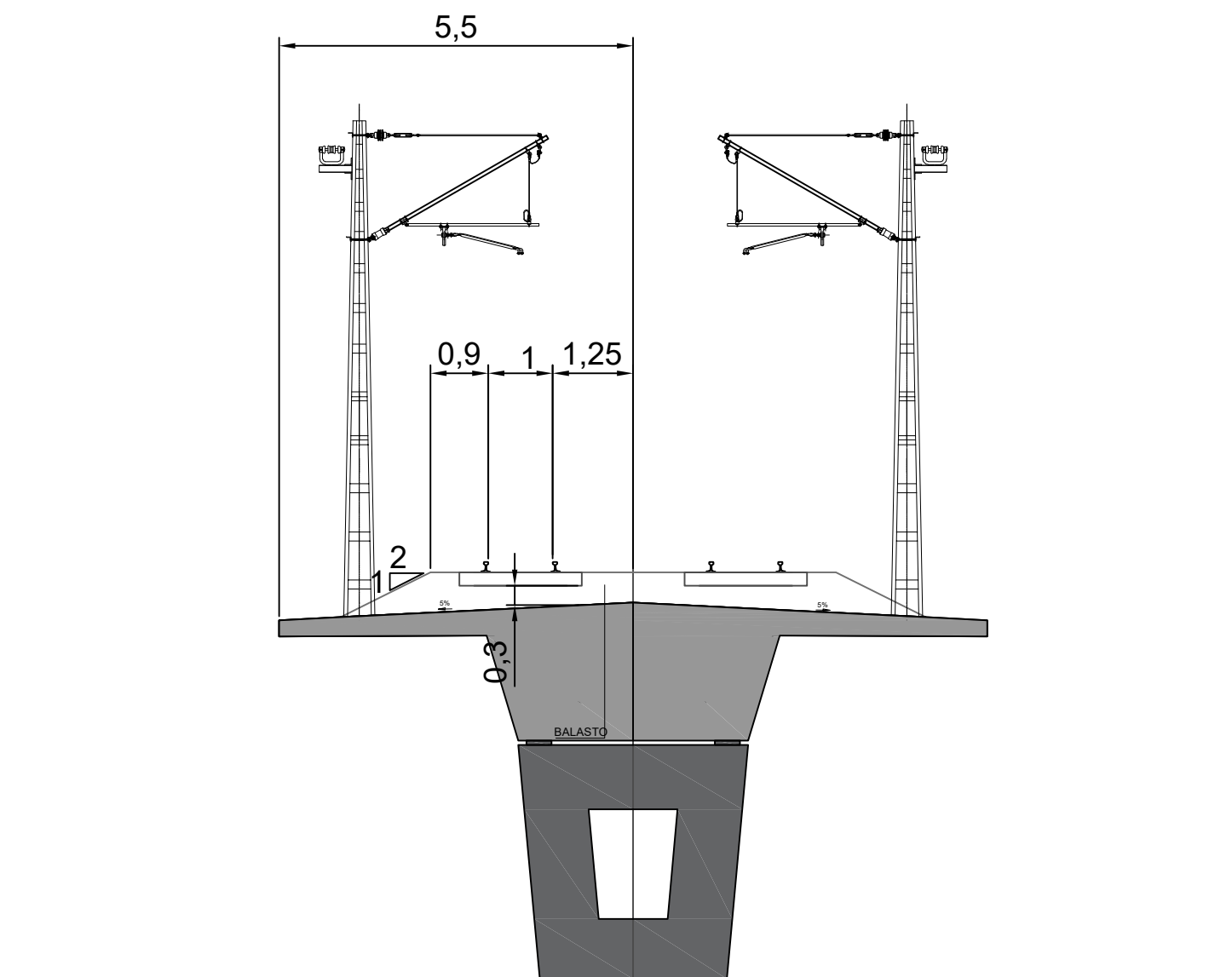
AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

ESCALA
1/100

FECHA
MAYO-2021

NORTE

PLANO N
5.2



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TÍTULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
SECCIÓN-TIPO-VIADUCTO

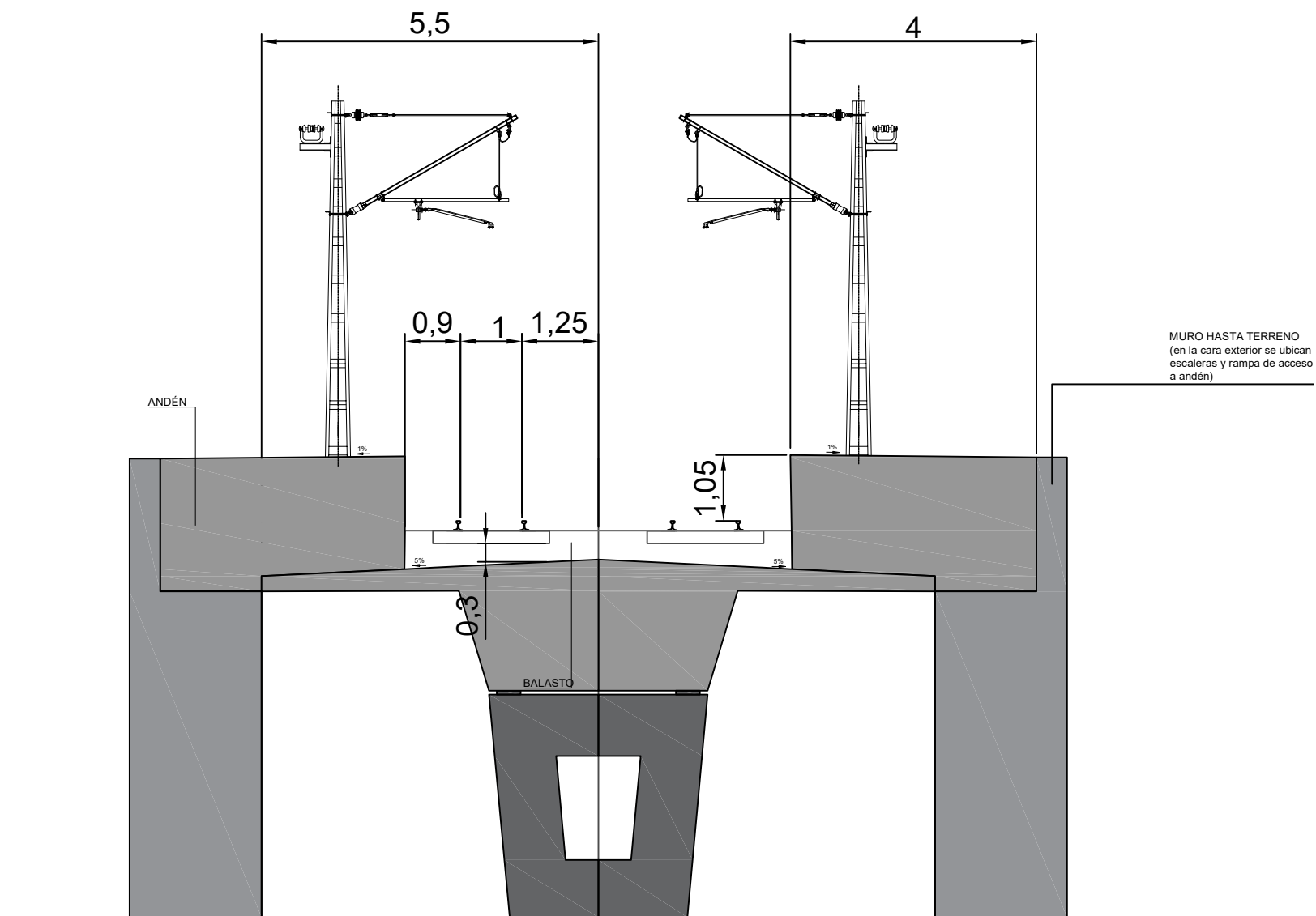
AUTOR
FERNANDO  MARTÍNEZ

ESCALA
1/100

FECHA
MAYO-2021

NORTE

PLANO N
5.3



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
SECCIÓN-TIPO-ESTACIÓN

AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

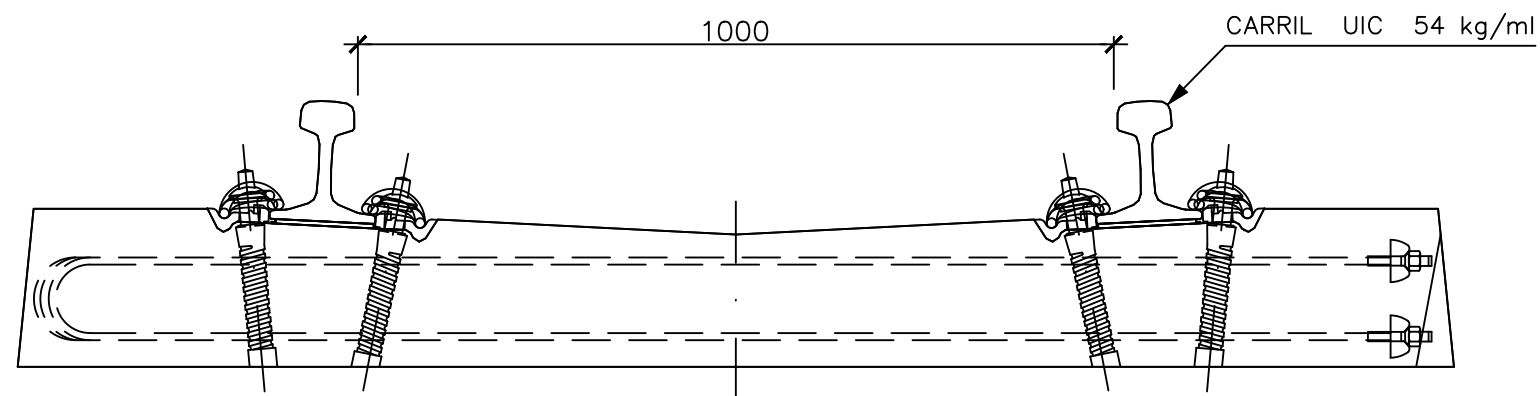
ESCALA
1/100

FECHA
MAYO-2021

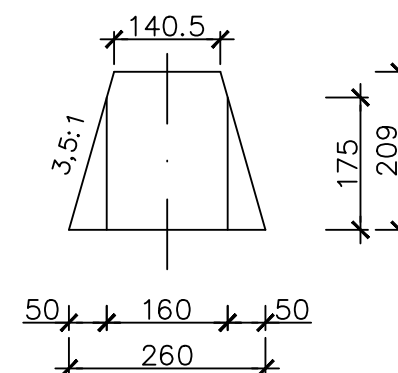
NORTE

PLANO N
5.4

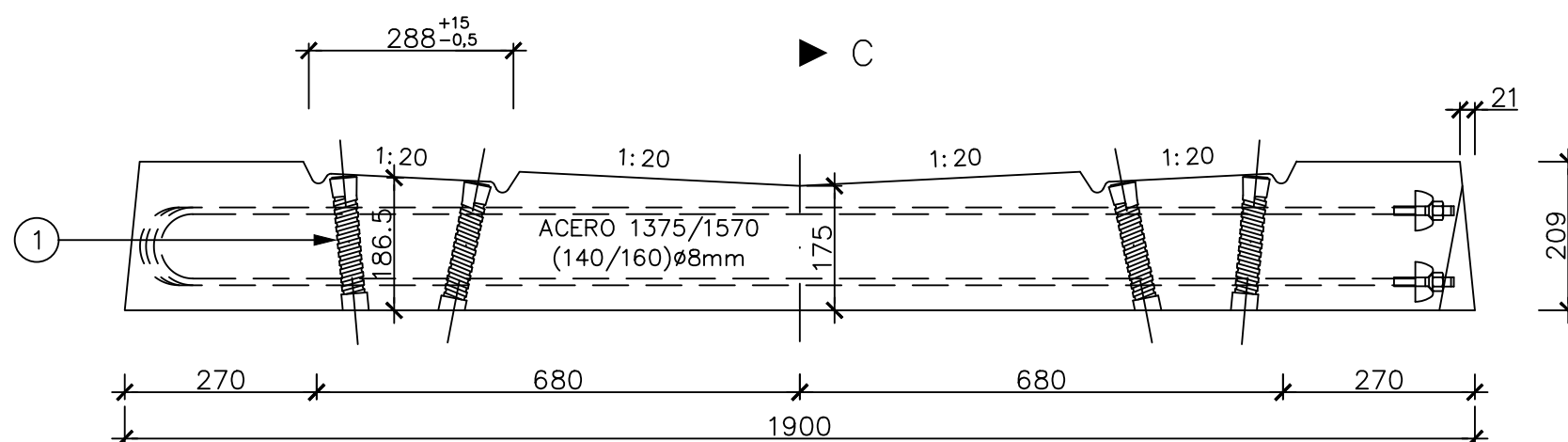
6. PLANOS DE DETALLE



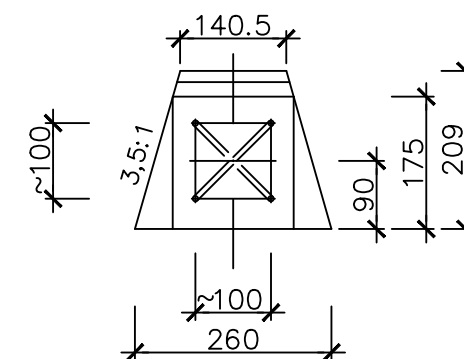
ALZADO LONGITUDINAL



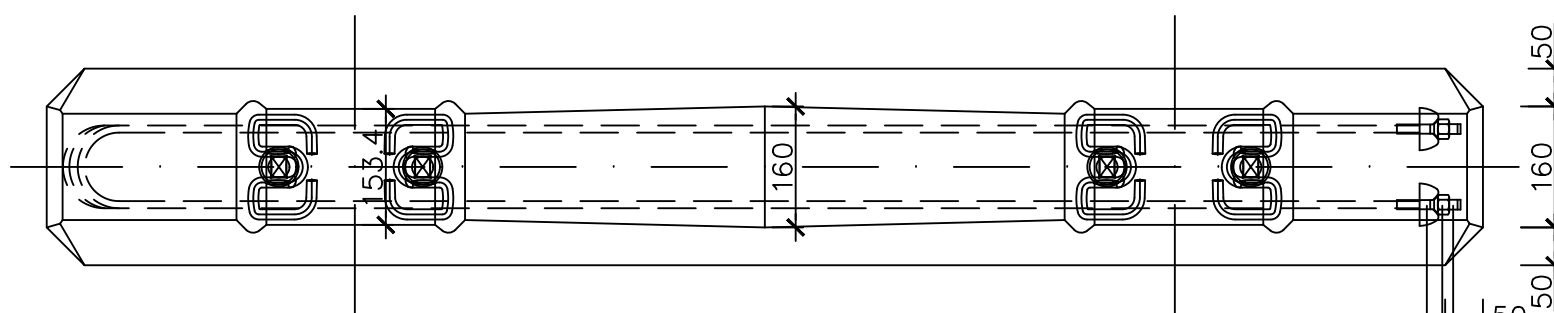
ALZADO FRONTAL



SECCION LONGITUDINAL



SECCION C-C'



PLANTA

TRAVIESA MONOBLOQUE

ESCALA 1:10, cotas en mm

CAMPANA DE ANCLAJE
77-D-5809/324

TUERCA HEXAGONAL
76-D-5809/674

HORQUILLA
80-E-6474/82



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
DETALLE-TRAVIESA

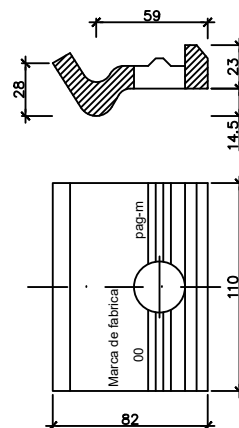
AUTOR
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

ESCALA
1/10

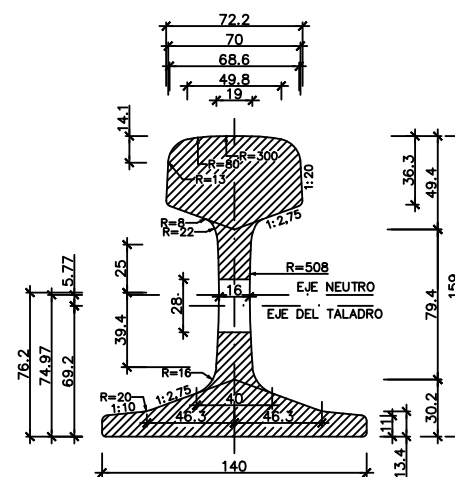
FECHA
MAYO-2021

NORTE

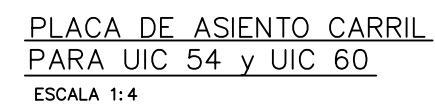
PLANO N
6.2



PLACA ACORDADA DE
GUIA DE CARRIL
ESCALA 1:4



CARRIL UIC 54
ESCALA 1:4



Cotas en mm



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TIPO
ANTEPROYECTO

TITULO
FF.CC.MOGRO-MORTERA
ADIF-R.A.M.

TERMINO MUNICIPAL

PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO

DETALLE-VARIOS

AUTOR 
FERNANDO MERINO MARTÍNEZ

ESCALA

1/4

FECHA
MAY 0-2021

NORTE

PLAND N
6.3

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

Índice

1. MEDICIONES
 - 1.1. Mediciones auxiliares
 - 1.2. Mediciones por capítulos
2. UNIDADES DE OBRA Y ESTIMACIÓN DE PRECIOS
3. PRESUPUESTOS
 - 3.1. Presupuesto por capítulos
 - 3.2. Resumen del presupuesto

1. MEDICIONES

1. 1. Mediciones auxiliares

ÁREAS TOTALES DE DESBROCES Y REFINOS (m ²)	
Desbro_Real	9115,055
Desb_R_Desm	6289,593
Desb_R_Terr	2825,462
Desb_Planta	9091,920
Desb_P_Desm	6269,900
Desb_P_Terr	2822,020
Mediana_Izq	1454,046
Mediana_Der	1437,266
Talud_Des_I	361,582
Talud_Des_D	532,969
Talud_Ter_I	106,313
Talud_Ter_D	197,278
Subrasa_Izq	6990,648
Subrasa_Der	6814,925

Volúmenes de tierras acumulados (m ³)	
Capa de forma	3088,45
Firme	9980,60
Subbalasto	1667,74
Revés cuneta	159,26
Desmonte	2209,61
Inacduado	7841,98
Terraplén	11481,83
Balasto	5224,46
Vegetal	8714,27

1. 2. Mediciones por capítulos

MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
01	DEMOLICIONES Y LEVANTES					
01.01	m2 Demolición de andenes y muelles Demolición de estructuras de hormigón incluyendo retirada a vertedero.					
	Andén 1	41.00	3.50			143.50
	Andén 2	41.00	3.85			157.85
						301.35
01.02	m2 Demolición de firme de calzada y/o acera Demolición de firme de calzada y/o acera por medios mecánicos, incluso carga, transporte y descarga en vertedero autorizado.					
	Camino 1	124.00	3.00			372.00
	Camino 2	20.00	4.75			95.00
	Camino 3	160.00	3.50			560.00
						1,027.00
01.03	ml Levante de vía Levante de vía de cualquier tipo, incluido desclavado de carriles, cortes de carril, desembridado, rebaje y retirada de balasto, recogida, carga, transporte y descarga en acopio.					
						8,810.00
01.04	ud Levante de aparatos de vía Levante y desmontado de aparato de vía como desvío, escape, traviesa o bretelle. Compuestos por: cambio, carrilaje intermedio, cruzamiento de punta fija, traviesas de hormigón, placas resbaladeras nervadas y de rodillos, sujeciones, sistemas de accionamiento, enclavamiento, cunas de motores y comprobación.					
						5.00
01.05	km Desmontaje de catenaria Desmontaje de línea aérea de contacto trayecto vía general					
						1.28
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.01	m2 Desbroce del terreno Desbroce del terreno, incluso carga y transporte a vertedero y canon de vertido.					
						9,115.06
02.02	m3 Excavación a cielo abierto en tierras Excavación a cielo abierto en tierras, con medios mecánicos, en vaciados de grandes superficies, incluso agotamiento, transportes y acopios intermedios.					
						10,051.59
02.03	m3 Carga y transporte a vertedero. Carga, transporte, descarga en vertedero y canon.					
						7,841.58
02.04	m3 Carga y transporte en obra. Carga y transporte a terraplén o relleno dentro de la obra.					
						2,209.61
02.05	m3 Formación de terraplén. Formación de terraplén con productos de la propia excavación incluido extendido, compactado y refino de taludes, terminado.					
						2,209.61

MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
02.06	m3 Relleno material granular de cantera Relleno material granular procedente de cantera incluso suministro, transporte, extendido y compactado en tongadas de 30 cm.					
						9,272.22
03	ESTRUCTURAS					
03.01	ml Construcción completa de viaducto para doble vía de ancho métrico Ejecución material de tablero en estructura longitudinal a la traza en orografía llana para vía doble en ancho métrico					
	Viaducto sobre el río Pas		806.90			806.90
						806.90
04	DRENAJE					
04.01	ml Drenaje longitudinal entre vías Mogro-Río Pas Río Pas-Mortera		1,145.93 3,125.00			1,145.93 3,125.00
						4,270.93
04.02	ml Tubería desagüe drenaje longitudinal					285.00
05	REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS AFECTADOS					
05.01	ml Reposición de línea de saneamiento					20.00
05.02	ml Camino rural Metro lineal de construcción de camino de servicio de 30 cm de zanja y 30 cm de suelo seccionado y un ancho de 4 metros.					
	Camino 1		124.00			124.00
	Camino 2		20.00			20.00
	Camino 3		160.00			160.00
						304.00
06	SUPERESTRUCTURA					
06.01	m3 Suministro de balasto granítico amontonado a pie de obra Suministro de balasto granítico amontonado a pie de obra, granulometría 20-60 mm, según pliego y normas FEVE					
	Mogro-Río Pas					5,224.46
	Río Pas-Mortera					12,406.25
						17,630.71
06.02	m3 Extendido y compactación de capa de balasto granítico Extendido y compactación de capa de balasto granítico amontonado a pie de obra					
	Mogro-Río Pas					5,224.46
	Río Pas-Mortera					12,406.25
						17,630.71
06.03	m3 Suministro y extensión de capa de subbalasto Subbalasto con material procedente de cantera, incluso fabricación, suministro, maquinaria, extendido, humidificación, compactación, nivelación y acabado de superficie.					
	Mogro-Río Pas					1,667.74
	Río Pas-Mortera					7,500.00
						9,167.74

MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
06.04	m3 Suministro y extensión de capa de forma Capa de forma con material procedente de cantera, incluso excavación, carga y transporte de material, suministro de material, así como canon y permisos necesarios, extendido, humidificación y compactación del material, nivelación y acabado de la superficie.					3,088.45
06.05	ml Suministro de carril de 54 kg/ml amontonado a pie de obra, en ba Suministro de carril de 54 kg/ml amontonado a pie de obra, en barras de 18 m, recibido por Renfe					17,119.70
06.06	ud Travesía de hormigón, tipo monobloque, para vía de 1 m de ancho Travesía de hormigón, tipo monobloque, para vía de 1 m de ancho, colocada en la vía y todo el pequeño material necesario para la implantación del rail, con placa sintética wfp3b y clip recubierto con dacromato (carril de 45 o 54 kg/ml) tipo FEVE					14,268.00
06.07	ml Asiento de vía sencilla con rail de 54 kg encima de travesía de Asiento de vía sencilla con rail de 54 kg encima de travesía de hormigón o de madera fina y todo sobre la segunda capa de balasto, bateado, nivelado, alineado y perfilado, incluyendo la rehabilitación de los materiales de segundo uso					17,119.70
06.08	ml Segunda nivelación, alineación y perfilado de vía Segunda nivelación, alineación y perfilado de vía					17,119.70
06.09	ud Escape de vía tipo ESMH B1 UIC54 190 1:10,5 CR, resistente al desgaste, incluyendo travesía, largueros, juntas aislantes y solda Escape de vía tipo ESMH B1 UIC54 190 1:10,5 CR, resistente al desgaste, incluyendo travesía, largueros, juntas aislantes y soldaduras					4.00
06.10	ml Segunda nivelación, alineación y perfilado de cualquiera de los Segunda nivelación, alineación y perfilado de cualquiera de los tipos de desvío de vía					480.00
06.11	ml Toma de datos, estudio, optimización y replanteo de la vía Toma de datos, estudio, optimización y replanteo de la vía					8,799.85
06.12	ml Aligerador de tensiones y gatos hidráulicos Aligerador de tensiones y gatos hidráulicos, para cada carril, incluyendo cortes y soldaduras					17,599.70
06.13	ud Soldadura aluminotérmica para cualquiera de los tipos de carril Soldadura aluminotérmica para cualquiera de los tipos de carril, incluyendo limpieza e inspección					952.00
06.14	ud Suministro de poste hectométrico o de señalización Suministro de poste hectométrico o de señalización de rampa					13.00

MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
07	INTEGRACIÓN AMBIENTAL					
07.01	ml Actuaciones preventivas y correctoras Actuaciones preventivas y correctoras que incluyen: Aporte y extendido de tierra vegetal, preparación del terreno, simbras e hidro-siembras, plantaciones, siegas y riegos, protección del Patrimonio Arqueológico, protección de la fauna (rampas, adecuación de cuentas, etc.) y medidas compensatorias.					
						1,154.93
07.02	ml Gestión de residuos Gestión de residuos					
						1,154.93
08	ELECTRIFICACIÓN					
08.01	km Montaje LAC Trayecto vía general Montaje de línea aérea de contacto en trayecto vía general					
						1.16
08.02	ud Montaje Aisladores Suministro y montaje de aislador de sección					
						104.00
08.03	ud Montaje Seccionamiento Suministro y montaje de seccionamiento de compensación mecánica					
						4.00
08.04	ud Montaje Aguja Suministro y montaje de aguja aérea entre catenarias de vías generales, totalmente ajustada y en servicio					
						4.00
08.05	ud Montaje Seccionador Suministro y montaje de seccionador con feeder					
						4.00
09	INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y COMUNICACIONES					
09.01	ud Señales					
						4.00

MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
09.02	<p>ud Construcción de arqueta de registro normalizada de 0,9 x 0,9 m</p> <p>Construcción de arqueta de registro de hormigón armado (completa con base y tapa) de 90x90x120 cm, de acuerdo con la normativa ADIF. Incluye el suministro de todos los materiales (ladrillos macizos, cemento, arena, grava, herrajes, redondos, base y tapa de hormigón), la excavación del hoyo, con medios mecánicos o manuales, en cualquier clase de terreno con retirada de tierras sobrantes a vertedero de contratista, la confección de los muros interiores con hormigón armado o con fabrica de ladrillo dejando las aberturas necesarias para la entrada de tubos, la confección de la solera de hormigón de la cubierta de hormigón armado y colocación de la base de fundición y de sus tapas de hormigón con cierres de seguridad.</p>					4.00
09.03	<p>ml Suministro e instalación enterrada de canaleta de hormigón</p> <p>Suministro e instalación enterrada de canaleta de hormigón de doble alveolo de 1000x578x290 mm según normativa ADIF. Incluido tapas y accesorios. Incluye la excavación y acondicionamiento de zanja por medios manuales o mecánicos, la colocación de la canaleta con las bases de asentamiento precisas y una vez tendidos los cables y tubos, la colocación de las tapas y el tapado de la zanja.</p>					1,154.93

10 ESTACIONES

10.01	<p>m3 Horm.ar.HA-25 .pil/mu etc.</p> <p>Hormigón para armar HA-25, en contrabóveda, cimentaciones, soleras, muros, vigas, pilares, forjados, mensulas, pozos, chimeneas de ventilación, rellenos y bataches, colocado incluso bombeado, suministro de aditivo para la puesta en obra, vibrado, curado y demás operaciones necesarias.</p>					
	Escaleras	2				44.04 22.02
	Muros	2				2,511.04 1255.52
	Rampas	2				168.58 84.29
						2,723.66

MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
10.02	m2 Ejecución de andén en RAM Ejecución de andén con estructura base y pavimentación. Se incluye: <ul style="list-style-type: none"> ·Solera. Solera de hormigón de 20 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25, elaborado en obra. ·Murete de andén. Muro de hormigón ejecutado in situ. ·Pieza borde andén. Colocación pieza de borde de andén formado por piezas prefabricadas de hormigón en hormigón vibromoldeado de alta resistencia de cemento portland. ·Baldosa botones gres. Baldosa de gres porcelánico de botones, diseñada bajo criterios ergonómicos, para señalización especial. ·Franja amarilla aproximación. Franja señalizadora de 10 cm de ancho de color amarillo vivo. ·Pavimento táctil ranurado contrastado. Solado diseñado bajo criterios ergonómicos para señalización especial con bandas longitudinales, en colores contrastados. ·Pavimento adoquín hg. Pavimento de adoquín prefabricado de hormigón bicapa en color gris, colocado sobre cama de arena de río. 					
	Andén 1	1	100.00	4.00		400.00
	Andén 2	1	100.00	4.00		400.00
						800.00
10.03	m2 Instalaciones en andenes Se incluye: <ul style="list-style-type: none"> ·Saneamiento ·Electricidad y alumbrado. ·Protección contra incendio ·Sistema de información al viajero (SIV) y circuito cerrado de televisión (CCTV). 					
	Andén 1	1	100.00	4.00		400.00
	Andén 2	1	100.00	4.00		400.00
						800.00
10.04	kg Acero en barra corrugada B-500-S Acero en barra corrugada B-500-S					
						41,815.00

MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
11	DESVÍOS DE OBRA					
11.01	Fase 1					
11.01.01	ml Suministro y montaje de vía sobre balasto de ancho métrico					
	Se incluye:					
	·Balasto: Balasto tipo 1 de piedra silíceo de nueva aportación, incluso carga en cantera, descarga y acopio del material.					
	·Traviesas: Suministro, acopio y colocación de traviesa monobloque DW en la posición definitiva a lo largo de la traza.					
	·Carriles: Suministro de carril en barra elemental, incluso descarga en base de acopio o traza.					
	·Montaje: Montaje de vía para ancho métrico incluyendo las operaciones necesarias hasta alcanzar las tolerancias exigidas.					
						550.00
11.01.02	m3 Relleno de material granular de cantera					750.00
11.01.03	ud Desvío sencillo a derecha o izquierda tipo DSM A1 UIC54 190--129					
	Desvío sencillo a derecha o izquierda premontado en taller, tipo DSM A1 UIC54 190--129-0.11-CR-D, resistente al desgaste, incluyendo traviesa de madera akoga , largueros, juntas aislantes y soldaduras					
						2.00
11.01.04	km Montaje LAC Trayecto vía general					
	Montaje de línea aérea de contacto en trayecto vía general					
						0.55
11.03	Fase 3					
11.03.01	ml Levante de vía					
	Levante de vía de cualquier tipo, incluido desclavado de carriles, cortes de carril, desembridado, rebaje y retirada de balasto, recogida, carga, transporte y descarga en acopio.					
						550.00
11.03.02	ud Levante de aparatos de vía					
	Levante y desmontado de aparato de vía como desvío, escape, travésia o bretelle. Compuestos por: cambio, carrilaje intermedio, cruzamiento de punta fija, traviesas de hormigón, placas resbaladeras nervadas y de rodillos, sujeciones, sistemas de accionamiento, en-cerrojamiento, cunas de motores y comprobación.					
						2.00
11.03.03	km Desmontaje de catenaria					
	Desmontaje de línea aérea de contacto trayecto vía general					
						0.55

2. UNIDADES DE OBRA Y ESTIMACIÓN DE PRECIOS

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
01		DEMOLICIONES Y LEVANTES	
01.01	m2	Demolición de andenes y muelles Demolición de estructuras de hormigón incluyendo retirada a vertedero.	39.00
		TREINTA Y NUEVE EUROS	
01.02	m2	Demolición de firme de calzada y/o acera Demolición de firme de calzada y/o acera por medios mecánicos, incluso carga, transporte y descarga en vertedero autorizado.	12.14
		DOCE EUROS con CATORCE CÉNTIMOS	
01.03	ml	Levante de vía Levante de vía de cualquier tipo, incluido desclavado de carriles, cortes de carril, desembridado, rebaje y retirada de balasto, recogida, carga, transporte y descarga en acopio.	10.08
		DIEZ EUROS con OCHO CÉNTIMOS	
01.04	ud	Levante de aparatos de vía Levante y desmontado de aparato de vía como desvío, escape, travesía o bretelle. Compuestos por: cambio, carrilaje intermedio, cruzamiento de punta fija, traviesas de hormigón, placas resbaladeras nervadas y de rodillos, sujeciones, sistemas de accionamiento, encerrojamiento, cunas de motores y comprobación.	1,115.13
		MIL CIENTO QUINCE EUROS con TRECE CÉNTIMOS	
01.05	km	Desmontaje de catenaria Desmontaje de línea aérea de contacto trayecto vía general	12,000.00
		DOCE MIL EUROS	

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
02		MOVIMIENTO DE TIERRAS	
02.01	m2	Desbroce del terreno Desbroce del terreno, incluso carga y transporte a vertedero y canon de vertido.	0.97
02.02	m3	Excavación a cielo abierto en tierras Excavación a cielo abierto en tierras, con medios mecánicos, en vaciados de grandes superficies, incluso agotamiento, transportes y acopios intermedios.	2.33
02.03	m3	Carga y transporte a vertedero. Carga, transporte, descarga en vertedero y canon.	7.41
02.04	m3	Carga y transporte en obra. Carga y transporte a terraplén o relleno dentro de la obra.	2.33
02.05	m3	Formación de terraplén. Formación de terraplén con productos de la propia excavación incluido extendido, compactado y refino de taludes, terminado.	1.52
02.06	m3	Relleno material granular de cantera Relleno material granular procedente de cantera incluso suministro, transporte, extendido y compactado en tongadas de 30 cm.	13.97
		TRECE EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS	
03		ESTRUCTURAS	
03.01	ml	Construcción completa de viaducto para doble vía de ancho métrico Ejecución material de tablero en estructura longitudinal a la traza en orografía llana para vía doble en ancho métrico	5,888.00
		CINCO MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS	
04		DRENAJE	
04.01	ml	Drenaje longitudinal entre vías	91.00
04.02	ml	Tubería desagüe drenaje longitudinal	145.86
		NOVENTA Y UN EUROS CIENTO CUARENTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS	
05		REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS AFECTADOS	
05.01	ml	Reposición de línea de saneamiento	250.00
05.02	ml	Camino rural Metro lineal de construcción de camino de servicio de 30 cm de zahorra y 30 cm de suelo seccionado y un ancho de 4 metros.	26.28
		VEINTISÉIS EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS	

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
06		SUPERESTRUCTURA	
06.01	m3	Suministro de balasto granítico amontonado a pie de obra Suministro de balasto granítico amontonado a pie de obra, granulometría 20-60 mm, según pliego y normas FEVE	28.15
06.02	m3	Extendido y compactación de capa de balasto granítico Extendido y compactación de capa de balasto granítico amontonado a pie de obra	VEINTIOCHO EUROS con QUINCE CÉNTIMOS 3.04
06.03	m3	Suministro y extensión de capa de subbalasto Subbalasto con material procedente de cantera, incluso fabricación, suministro, maquinaria, extendido, humidificación, compactación, nivelación y acabado de superficie.	TRES EUROS con CUATRO CÉNTIMOS 14.70
06.04	m3	Suministro y extensión de capa de forma Capa de forma con material procedente de cantera, incluso excavación, carga y transporte de material, suministro de material, así como canon y permisos necesarios, extendido, humidificación y compactación del material, nivelación y acabado de la superficie.	CATORCE EUROS con SETENTA CÉNTIMOS 6.50
06.05	ml	Suministro de carril de 54 kg/ml amontonado a pie de obra, en barras de 18 m, recibido por Renfe	SEIS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS 34.68
06.06	ud	Traviesa de hormigón, tipo monobloque, para vía de 1 m de ancho Traviesa de hormigón, tipo monobloque, para vía de 1 m de ancho, colocada en la vía y todo el pequeño material necesario para la implantación del rail, con placa sintética wfp3b y clip recubierto con dacromato (carril de 45 o 54 kg/ml) tipo FEVE	TREINTA Y CUATRO EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS 59.41
06.07	ml	Asiento de vía sencilla con rail de 54 kg encima de traviesa de hormigón o de madera fina y todo sobre la segunda capa de balasto, bateado, nivelado, alineado y perfilado, incluyendo la rehabilitación de los materiales de segundo uso	CINCUENTA Y NUEVE EUROS con CUARENTA Y UN CÉNTIMOS 30.48
06.08	ml	Segunda nivelación, alineación y perfilado de vía Segunda nivelación, alineación y perfilado de vía	TREINTA EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS 3.64
06.09	ud	Escape de vía tipo ESMH B1 UIC54 190 1:10,5 CR, resistente al desgaste, incluyendo traviesa, largueros, juntas aislantes y soldaduras Escape de vía tipo ESMH B1 UIC54 190 1:10,5 CR, resistente al desgaste, incluyendo traviesa, largueros, juntas aislantes y soldaduras	TRES EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS 89,042.46
06.10	ml	Segunda nivelación, alineación y perfilado de cualquiera de los tipos de desvío de vía Segunda nivelación, alineación y perfilado de cualquiera de los tipos de desvío de vía	OCHENTA Y NUEVE MIL CUARENTA Y DOS EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS 486.62

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
06.11	ml	Toma de datos, estudio, optimización y replanteo de la vía Toma de datos, estudio, optimización y replanteo de la vía	CUATROCIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS 16.63
06.12	ml	Aligerador de tensiones y gatos hidráulicos Aligerador de tensiones y gatos hidráulicos, para cada carril, incluyendo cortes y soldaduras	DIECISÉIS EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS 3.04
06.13	ud	Soldadura aluminotérmica para cualquiera de los tipos de carril Soldadura aluminotérmica para cualquiera de los tipos de carril, incluyendo limpieza e inspección	TRES EUROS con CUATRO CÉNTIMOS 121.45
06.14	ud	Suministro de poste hectométrico o de señalización Suministro de poste hectométrico o de señalización de rampa	CIENTO VEINTIÚN EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS 25.60
			VEINTICINCO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS
07		INTEGRACIÓN AMBIENTAL	
07.01	ml	Actuaciones preventivas y correctoras Actuaciones preventivas y correctoras que incluyen: Aporte y extendido de tierra vegetal, preparación del terreno, simbras e hidrosiembras, plantaciones, siegas y riegos, protección del Patrimonio Arqueológico, protección de la fauna (rampas, adecuación de cuentas, etc.) y medidas compensatorias.	394.00
07.02	ml	Gestión de residuos Gestión de residuos	TRESCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS 185.00
			CIENTO OCHENTA Y CINCO EUROS
08		ELECTRIFICACIÓN	
08.01	km	Montaje LAC Trayecto vía general Montaje de línea aérea de contacto en trayecto vía general	180,000.00
08.02	ud	Montaje Aisladores Suministro y montaje de aislador de sección	CIENTO OCHENTA MIL EUROS 2,100.00
08.03	ud	Montaje Seccionamiento Suministro y montaje de seccionamiento de compensación mecánica	DOS MIL CIENTO EUROS 10,000.00
08.04	ud	Montaje Aguja Suministro y montaje de aguja aérea entre catenarias de vías generales, totalmente ajustada y en servicio	DIEZ MIL EUROS 5,000.00
08.05	ud	Montaje Seccionador Suministro y montaje de seccionador con feeder	CINCO MIL EUROS 4,000.00
			CUATRO MIL EUROS

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
09		INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y COMUNICACIONES	
09.01	ud	Señales	119,550.00
		CIENTO DIECINUEVE MIL QUINIENTOS CINCUENTA EUROS	
09.02	ud	Construcción de arqueta de registro normalizada de 0,9 x 0,9 m	287.39
		Construcción de arqueta de registro de hormigón armado (completa con base y tapa) de 90x90x120 cm, de acuerdo con la normativa ADIF. Incluye el suministro de todos los materiales (ladrillos macizos, cemento, arena, grava, herrajes, redondos, base y tapa de hormigón), la excavación del hoyo, con medios mecánicos o manuales, en cualquier clase de terreno con retirada de tierras sobrantes a vertedero de contratista, la confección de los muros interiores con hormigón armado o con fábrica de ladrillo dejando las aberturas necesarias para la entrada de tubos, la confección de la solera de hormigón de la cubierta de hormigón armado y colocación de la base de fundición y de sus tapas de hormigón con cierres de seguridad.	
		DOSCIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS	
09.03	ml	Suministro e instalación enterrada de canaleta de hormigón	51.08
		Suministro e instalación enterrada de canaleta de hormigón de doble alveolo de 1000x578x290 mm según normativa ADIF. Incluido tapas y accesorios. Incluye la excavación y acondicionamiento de zanja por medios manuales o mecánicos, la colocación de la canaleta con las bases de asentamiento precisas y una vez tendidos los cables y tubos, la colocación de las tapas y el tapado de la zanja.	
		CINCUENTA Y UN EUROS con OCHO CÉNTIMOS	

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
10		ESTACIONES	
10.01	m3	Horm.ar.HA-25 .pil/mu etc. Hormigón para armar HA-25, en contrabóveda, cimentaciones, soleras, muros, vigas, pilares, forjados, mensulas, pozos, chimeneas de ventilación, rellenos y bataches, colocado incluso bombeado, suministro de aditivo para la puesta en obra, vibrado, curado y demás operaciones necesarias.	88.82
		OCHENTA Y OCHO EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS	
10.02	m2	Ejecución de andén en RAM Ejecución de andén con estructura base y pavimentación. Se incluye: ·Solera. Solera de hormigón de 20 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25, elaborado en obra. ·Murete de andén. Muro de hormigón ejecutado in situ. ·Pieza borde andén. Colocación pieza de borde de andén formado por piezas prefabricadas de hormigón en hormigón vibromoldeado de alta resistencia de cemento portland. ·Baldosa botones gres. Baldosa de gres porcelánico de botones, diseñada bajo criterios ergonómicos, para señalización especial. ·Franja amarilla aproximación. Franja señalizadora de 10 cm de ancho de color amarillo vivo. ·Pavimento táctil ranurado contrastado. Solado diseñado bajo criterios ergonómicos para señalización especial con bandas longitudinales, en colores contrastados. ·Pavimento adoquín hg. Pavimento de adoquín prefabricado de hormigón bicapa en color gris, colocado sobre cama de arena de río.	340.00
		TRESCIENTOS CUARENTA EUROS	
10.03	m2	Instalaciones en andenes Se incluye: ·Saneamiento ·Electricidad y alumbrado. ·Protección contra incendio ·Sistema de información al viajero (SIV) y circuito cerrado de televisión (CCTV).	150.00
		CIENTO CINCUENTA EUROS	
10.04	kg	Acero en barra corrugada B-500-S Acero en barra corrugada B-500-S	0.83
		CERO EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS	

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
11		DESVÍOS DE OBRA	
11.01		Fase 1	
11.01.01	ml	Suministro y montaje de vía sobre balasto de ancho métrico	196.60
		Se incluye:	
		·Balasto: Balasto tipo 1 de piedra silíceo de nueva aportación, incluso carga en cantera, descarga y acopio del material.	
		·Traviesas: Suministro, acopio y colocación de traviesa monobloque DW en la posición definitiva a lo largo de la traza.	
		·Carriles: Suministro de carril en barra elemental, incluso descarga en base de acopio o traza.	
		·Montaje: Montaje de vía para ancho métrico incluyendo las operaciones necesarias hasta alcanzar las tolerancias exigidas.	
		CIENTO NOVENTA Y SEIS EUROS con SESENTA CÉNTIMOS	
11.01.02	m3	Relleno de material granular de cantera	13.97
		TRECE EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS	
11.01.03	ud	Desvío sencillo a derecha o izquierda tipo DSM A1 UIC54 190--129	35,175.77
		Desvío sencillo a derecha o izquierda premontado en taller, tipo DSM A1 UIC54 190--129-0.11-CR-D, resistente al desgaste, incluyendo traviesa de madera akoga , largueros, juntas aislantes y soldaduras	
		TREINTA Y CINCO MIL CIENTO SETENTA Y CINCO EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS	
11.01.04	km	Montaje LAC Trayecto vía general	180,000.00
		Montaje de línea aérea de contacto en trayecto vía general	
		CIENTO OCHENTA MIL EUROS	
11.03		Fase 3	
11.03.01	ml	Levante de vía	10.08
		Levante de vía de cualquier tipo, incluido desclavado de carriles, cortes de carril, desembriado, rebaje y retirada de balasto, recogida, carga, transporte y descarga en acopio.	
		DIEZ EUROS con OCHO CÉNTIMOS	
11.03.02	ud	Levante de aparatos de vía	1,115.13
		Levante y desmontado de aparato de vía como desvío, escape, travesía o bretelle. Compuestos por: cambio, carrilaje intermedio, cruzamiento de punta fija, traviesas de hormigón, placas resbaladeras nervadas y de rodillos, sujeciones, sistemas de accionamiento, encerrojamiento, cunas de motores y comprobación.	
		MIL CIENTO QUINCE EUROS con TRECE CÉNTIMOS	
11.03.03	km	Desmontaje de catenaria	12,000.00
		Desmontaje de línea aérea de contacto trayecto vía general	
		DOCE MIL EUROS	

3. PRESUPUESTOS

3. 1. Presupuesto por capítulos

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01	DEMOLICIONES Y LEVANTES							
01.01	m2 Demolición de andenes y muelles Demolición de estructuras de hormigón incluyendo retirada a vertedero.							
	Andén 1	41.00	3.50			143.50		
	Andén 2	41.00	3.85			157.85		
						301.35	39.00	11,752.65
01.02	m2 Demolición de firme de calzada y/o acera Demolición de firme de calzada y/o acera por medios mecánicos, incluso carga, transporte y descarga en vertedero autorizado.							
	Camino 1	124.00	3.00			372.00		
	Camino 2	20.00	4.75			95.00		
	Camino 3	160.00	3.50			560.00		
						1,027.00	12.14	12,467.78
01.03	ml Levante de vía Levante de vía de cualquier tipo, incluido desclavado de carriles, cortes de carril, desembridado, rebaje y retirada de balasto, recogida, carga, transporte y descarga en acopio.							
						8,810.00	10.08	88,804.80
01.04	ud Levante de aparatos de vía Levante y desmontado de aparato de vía como desvío, escape, traviesa o bretelle. Compuestos por: cambio, carrilaje intermedio, cruzamiento de punta fija, traviesas de hormigón, placas resbaladeras nervadas y de rodillos, sujeciones, sistemas de accionamiento, en-cerrojamiento, cunas de motores y comprobación.							
						5.00	1,115.13	5,575.65
01.05	km Desmontaje de catenaria Desmontaje de línea aérea de contacto trayecto vía general							
						1.28	12,000.00	15,360.00
TOTAL 01.....								133,960.88

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
02.01	m2 Desbroce del terreno Desbroce del terreno, incluso carga y transporte a vertedero y canon de vertido.					9,115.06	0.97	8,841.61
02.02	m3 Excavación a cielo abierto en tierras Excavación a cielo abierto en tierras, con medios mecánicos, en vaciados de grandes superficies, incluso agotamiento, transportes y acopios intermedios.					10,051.59	2.33	23,420.20
02.03	m3 Carga y transporte a vertedero. Carga, transporte, descarga en vertedero y canon.					7,841.58	7.41	58,106.11
02.04	m3 Carga y transporte en obra. Carga y transporte a terraplén o relleno dentro de la obra.					2,209.61	2.33	5,148.39
02.05	m3 Formación de terraplén. Formación de terraplén con productos de la propia excavación incluido extendido, compactado y refino de taludes, terminado.					2,209.61	1.52	3,358.61
02.06	m3 Relleno material granular de cantera Relleno material granular procedente de cantera incluso suministro, transporte, extendido y compactado en tongadas de 30 cm.					9,272.22	13.97	129,532.91
TOTAL 02.....								228,407.83

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
03	ESTRUCTURAS							
03.01	mi Construcción completa de viaducto para doble vía de ancho métrico Ejecución material de tablero en estructura longitudinal a la traza en orografía llana para vía doble en ancho métrico							
	Viaducto sobre el río Pas	806.90				806.90		
						806.90	5,888.00	4,751,027.20
TOTAL 03.....								4,751,027.20

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
04	DRENAJE							
04.01	ml Drenaje longitudinal entre vías							
	Mogro-Río Pas		1,145.93			1,145.93		
	Río Pas-Mortera		3,125.00			3,125.00		
						4,270.93	91.00	388,654.63
04.02	ml Tubería desagüe drenaje longitudinal							
						285.00	145.86	41,570.10
TOTAL 04.....								430,224.73

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
05	REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS AFECTADOS							
05.01	ml Reposición de línea de saneamiento					20.00	250.00	5,000.00
05.02	ml Camino rural							
	Metro lineal de construcción de camino de servicio de 30 cm de zahorra y 30 cm de suelo seccionado y un ancho de 4 metros.							
	Camino 1		124.00			124.00		
	Camino 2		20.00			20.00		
	Camino 3		160.00			160.00		
						304.00	26.28	7,989.12
TOTAL 05.....								12,989.12

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
06	SUPERESTRUCTURA							
06.01	m3 Suministro de balasto granítico amontonado a pie de obra Suministro de balasto granítico amontonado a pie de obra, granulometría 20-60 mm, según pliego y normas FEVE Mogro-Río Pas Río Pas-Mortera					5,224.46 12,406.25 17,630.71		496,304.49
06.02	m3 Extendido y compactación de capa de balasto granítico Extendido y compactación de capa de balasto granítico amontonado a pie de obra Mogro-Río Pas Río Pas-Mortera					5,224.46 12,406.25 17,630.71	28.15	53,597.36
06.03	m3 Suministro y extensión de capa de subbalasto Subbalasto con material procedente de cantera, incluso fabricación, suministro, maquinaria, extendido, humidificación, compactación, nivelación y acabado de superficie. Mogro-Río Pas Río Pas-Mortera					1,667.74 7,500.00 9,167.74	3.04 14.70	134,765.78
06.04	m3 Suministro y extensión de capa de forma Capa de forma con material procedente de cantera, incluso excavación, carga y transporte de material, suministro de material, así como canon y permisos necesarios, extendido, humidificación y compactación del material, nivelación y acabado de la superficie.							
06.05	ml Suministro de carril de 54 kg/ml amontonado a pie de obra, en ba Suministro de carril de 54 kg/ml amontonado a pie de obra, en barras de 18 m, recibido por Renfe					3,088.45 17,119.70	6.50 34.68	20,074.93 593,711.20
06.06	ud Traviesa de hormigón, tipo monobloque, para vía de 1 m de ancho Traviesa de hormigón, tipo monobloque, para vía de 1 m de ancho, colocada en la vía y todo el pequeño material necesario para la implantación del rail, con placa sintética wfp3b y clip recubierto con dacromato (carril de 45 o 54 kg/ml) tipo FEVE					14,268.00	59.41	847,661.88
06.07	ml Asiento de vía sencilla con rail de 54 kg encima de traviesa de Asiento de vía sencilla con rail de 54 kg encima de traviesa de hormigón o de madera fina y todo sobre la segunda capa de balasto, bateado, nivelado, alineado y perfilado, incluyendo la rehabilitación de los materiales de segundo uso					17,119.70	30.48	521,808.46
06.08	ml Segunda nivelación, alineación y perfilado de vía Segunda nivelación, alineación y perfilado de vía					17,119.70	3.64	62,315.71
06.09	ud Escape de vía tipo ESMH B1 UIC54 190 1:10,5 CR, resistente al desgaste, incluyendo traviesa, largueros, juntas aislantes y solda Escape de vía tipo ESMH B1 UIC54 190 1:10,5 CR, resistente al desgaste, incluyendo traviesa, largueros, juntas aislantes y soldaduras					4.00	89,042.46	356,169.84

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
06.10	ml Segunda nivelación, alineación y perfilado de cualquiera de los Segunda nivelación, alineación y perfilado de cualquiera de los tipos de desvío de vía					480.00	486.62	233,577.60
06.11	ml Toma de datos, estudio, optimización y replanteo de la vía Toma de datos, estudio, optimización y replanteo de la vía					8,799.85	16.63	146,341.51
06.12	ml Aligerador de tensiones y gatos hidráulicos Aligerador de tensiones y gatos hidráulicos, para cada carril, incluyendo cortes y soldaduras					17,599.70	3.04	53,503.09
06.13	ud Soldadura aluminotérmica para cualquiera de los tipos de carril Soldadura aluminotérmica para cualquiera de los tipos de carril, incluyendo limpieza e inspección					952.00	121.45	115,620.40
06.14	ud Suministro de poste hectométrico o de señalización Suministro de poste hectométrico o de señalización de rampa					13.00	25.60	332.80
TOTAL 06								3,635,785.05

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
07	INTEGRACIÓN AMBIENTAL							
07.01	ml Actuaciones preventivas y correctoras Actuaciones preventivas y correctoras que incluyen: Aporte y extendido de tierra vegetal, preparación del terreno, siembras e hidro-siembras, plantaciones, siegas y riegos, protección del Patrimonio Arqueológico, protección de la fauna (rampas, adecuación de cuen-tas, etc.) y medidas compensatorias.							
						1,154.93	394.00	455,042.42
07.02	ml Gestión de residuos Gestión de residuos							
						1,154.93	185.00	213,662.05
TOTAL 07								668,704.47

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
08	ELECTRIFICACIÓN							
08.01	km Montaje LAC Trayecto vía general Montaje de línea aérea de contacto en trayecto vía general							
						1.16	180,000.00	208,800.00
08.02	ud Montaje Aisladores Suministro y montaje de aislador de sección							
						104.00	2,100.00	218,400.00
08.03	ud Montaje Seccionamiento Suministro y montaje de seccionamiento de compensación mecánica							
						4.00	10,000.00	40,000.00
08.04	ud Montaje Aguja Suministro y montaje de aguja aérea entre catenarias de vías generales, totalmente ajustada y en servicio							
						4.00	5,000.00	20,000.00
08.05	ud Montaje Seccionador Suministro y montaje de seccionador con feeder							
						4.00	4,000.00	16,000.00
TOTAL 08.....								503,200.00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
09	INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y COMUNICACIONES							
09.01	ud Señales							
						4.00	119,550.00	478,200.00
09.02	ud Construcción de arqueta de registro normalizada de 0,9 x 0,9 m							
	Construcción de arqueta de registro de hormigón armado (completa con base y tapa) de 90x90x120 cm, de acuerdo con la normativa ADIF. Incluye el suministro de todos los materiales (ladrillos macizos, cemento, arena, grava, herrajes, redondos, base y tapa de hormigón), la excavación del hoyo, con medios mecánicos o manuales, en cualquier clase de terreno con retirada de tierras sobrantes a vertedero de contratista, la confección de los muros interiores con hormigón armado o con fabrica de ladrillo dejando las aberturas necesarias para la entrada de tubos, la confección de la solera de hormigón de la cubierta de hormigón armado y colocación de la base de fundición y de sus tapas de hormigón con cierres de seguridad.							
						4.00	287.39	1,149.56
09.03	ml Suministro e instalación enterrada de canaleta de hormigón							
	Suministro e instalación enterrada de canaleta de hormigón de doble alveolo de 1000x578x290 mm según normativa ADIF. Incluido tapas y accesorios. Incluye la excavación y acondicionamiento de zanja por medios manuales o mecánicos, la colocación de la canaleta con las bases de asentamiento precisas y una vez tendidos los cables y tubos, la colocación de las tapas y el tapado de la zanja.							
						1,154.93	51.08	58,993.82
TOTAL 09.....								538,343.38

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
10	ESTACIONES							
10.01	m3 Horm.ar.HA-25 .pil/mu etc. Hormigón para armar HA-25, en contrabóveda, cimentaciones, soleras, muros, vigas, pilares, forjados, mensulas, pozos, chimeneas de ventilación, rellenos y bataches, colocado incluso bombeado, suministro de aditivo para la puesta en obra, vibrado, curado y demás operaciones necesarias.							
	Escaleras	2				44.04	22.02	
	Muros	2				2,511.04	1255.52	
	Rampas	2				168.58	84.29	
						2,723.66	88.82	241,915.48
10.02	m2 Ejecución de andén en RAM Ejecución de andén con estructura base y pavimentación. Se incluye: ·Solera. Solera de hormigón de 20 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25, elaborado en obra. ·Murete de andén. Muro de hormigón ejecutado in situ. ·Pieza borde andén. Colocación pieza de borde de andén formado por piezas prefabricadas de hormigón en hormigón vibromoldeado de alta resistencia de cemento portland. ·Baldosa botones gres. Baldosa de gres porcelánico de botones, diseñada bajo criterios ergonómicos, para señalización especial. ·Franja amarilla aproximación. Franja señalizadora de 10 cm de ancho de color amarillo vivo. ·Pavimento táctil ranurado contrastado. Solado diseñado bajo criterios ergonómicos para señalización especial con bandas longitudinales, en colores contrastados. ·Pavimento adoquín hg. Pavimento de adoquín prefabricado de hormigón bicapa en color gris, colocado sobre cama de arena de río.							
	Andén 1	1	100.00	4.00		400.00		
	Andén 2	1	100.00	4.00		400.00		
						800.00	340.00	272,000.00
10.03	m2 Instalaciones en andenes Se incluye: ·Saneamiento ·Electricidad y alumbrado. ·Protección contra incendio ·Sistema de información al viajero (SIV) y circuito cerrado de televisión (CCTV).							
	Andén 1	1	100.00	4.00		400.00		
	Andén 2	1	100.00	4.00		400.00		
						800.00	150.00	120,000.00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
10.04	kg Acero en barra corrugada B-500-S Acero en barra corrugada B-500-S							
						41,815.00	0.83	34,706.45
	TOTAL 10.....							668,621.93

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
11	DESVÍOS DE OBRA							
11.01	Fase 1							
11.01.01	ml Suministro y montaje de vía sobre balasto de ancho métrico							
	Se incluye:							
	·Balasto: Balasto tipo 1 de piedra silíceo de nueva aportación, incluso carga en cantera, descarga y acopio del material.							
	·Traviesas: Suministro, acopio y colocación de traviesa monobloque DW en la posición definitiva a lo largo de la traza.							
	·Carriles: Suministro de carril en barra elemental, incluso descarga en base de acopio o traza.							
	·Montaje: Montaje de vía para ancho métrico incluyendo las operaciones necesarias hasta alcanzar las tolerancias exigidas.							
						550.00	196.60	108,130.00
11.01.02	m3 Relleno de material granular de cantera					750.00	13.97	10,477.50
11.01.03	ud Desvío sencillo a derecha o izquierda tipo DSM A1 UIC54 190--129							
	Desvío sencillo a derecha o izquierda premontado en taller, tipo DSM A1 UIC54 190--129-0.11-CR-D, resistente al desgaste, incluyendo traviesa de madera akoga , largueros, juntas aislantes y soldaduras							
						2.00	35,175.77	70,351.54
11.01.04	km Montaje LAC Trayecto vía general							
	Montaje de línea aérea de contacto en trayecto vía general							
						0.55	180,000.00	99,000.00
TOTAL 11.01								287,959.04
11.03	Fase 3							
11.03.01	ml Levante de vía							
	Levante de vía de cualquier tipo, incluido desclavado de carriles, cortes de carril, desembrado, rebaje y retirada de balasto, recogida, carga, transporte y descarga en acopio.							
						550.00	10.08	5,544.00
11.03.02	ud Levante de aparatos de vía							
	Levante y desmontado de aparato de vía como desvío, escape, traviesa o bretelle. Compuestos por: cambio, carrilaje intermedio, cruzamiento de punta fija, traviesas de hormigón, placas resbaladeras nervadas y de rodillos, sujeciones, sistemas de accionamiento, en-cerrojamiento, cunas de motores y comprobación.							
						2.00	1,115.13	2,230.26
11.03.03	km Desmontaje de catenaria							
	Desmontaje de línea aérea de contacto trayecto vía general							
						0.55	12,000.00	6,600.00
TOTAL 11.03								14,374.26
TOTAL 11								302,333.30
TOTAL								11,873,597.89

3. 2. Resumen del presupuesto

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	DEMOLICIONES Y LEVANTES	133,960.88	1.13
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	228,407.83	1.92
03	ESTRUCTURAS.....	4,751,027.20	40.01
04	DRENAJE	430,224.73	3.62
05	REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS AFECTADOS	12,989.12	0.11
06	SUPERESTRUCTURA	3,635,785.05	30.62
07	INTEGRACIÓN AMBIENTAL.....	668,704.47	5.63
08	ELECTRIFICACIÓN	503,200.00	4.24
09	INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y COMUNICACIONES	538,343.38	4.53
10	ESTACIONES.....	668,621.93	5.63
11	DESVÍOS DE OBRA	302,333.30	2.55
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		11,873,597.89	
13.00 % Gastos generales.....		1,543,567.73	
6.00 % Beneficio industrial.....		712,415.87	
Suma		2,255,983.60	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		14,129,581.49	
21% IVA		2,967,212.11	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		17,096,793.60	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de DIECISIETE MILLONES NOVENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS NOVENTA Y TRES EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

SANTANDER, JULIO DE 2021
EL AUTOR DEL ANTEPROYECTO



FERNANDO MERINO MARTÍNEZ